В.Н. Лавренчук, В.Б. Дёмин

РОССИИ НУЖНЫ ЛАНТАНОИДЫ

La (57) – Lu (71)

г. Каменск-Уральский
2012

В.Н. Лавренчук, В.Б. Дёмин

России нужны лантаноиды

г. Каменск-Уральский — 2012 г.

УДК 546.641/654

Книга издана в авторской редакции − 176 страниц.

В настоящее время проблема редкоземельных металлов (РЗМ) активно обсуждается во всём мире. Признано, что инновационное развитие технологий не может идти без их употребления. Основные области, где РЗМ особенно полезны: производство постоянных магнитов (чем занимается наша фирма «Элис»), различные сплавы чёрной и цветной металлургии, нефтехимия, силикатная промышленность, керамика, квантовая электроника, ядерная техника и др.

В силу специфики работы основное внимание уделено лёгким РЗ-металлам − от лантана до европия. В вопросах сырьевой базы мы ограничились европейской частью России.

Обстоятельно разобрано лопаритовое сырьё (Ловозерский ГОК, Мурманская область), поставляемое на Соликамский магниевый завод для производства ниобия, тантала и РЗ-хлоридов.

Тщательно прослежена история хранения 82 тыс. т монацитовых концентратов в складах около г. Красноуфимска. Переработка их до настоящего времени не налажена. Авторы отстаивают возможности получения РЗО на ПО «Маяк» в г. Озёрске Челябинской области.

Обсуждаются вопросы извлечения РЗМ из апатитовых концентратов, которые перерабатываются на удобрения.

Кратко рассмотрены титано-циркониевые россыпи и возможности их разработки в кооперации с Казахстаном.

По мере обсуждения сложных вопросов мы упрощали изложение, делая его понятным для широкого круга специалистов, преподавателей и студентов.

В нашей стране издание научных работ не финансируется. Подобная практика ведёт к резкому сокращению списка потенциальных авторов с богатым опытом и знаниями.

За большую техническую помощь при подготовке книги к печати искренне благодарим Р.М. Королёву, Ю.Ю. Гилязову и Р.Р. Мансурова.

ISBN 978-5-89325-089-3

Введение

В 1985 году японские специалисты открыли сплав $Nd_2Fe_{14}B$ с удивительными магнитными свойствами. Перед неодимом, одним из редкоземельных элементов (РЗЭ), «распахнулись двери» широкого промышленного использования. Наша фирма «ЭЛИС», основанная в 1990 г., была в числе первых в России, кто начал выпуск магнитов на основе указанного сплава. Ранее в мире были освоены магниты с самарием – $SmCo_5$ и Sm_2Co_{17}. Они более устойчивы к агрессивным средам, однако стоят дороже и уступают по магнитным характеристикам.

В настоящее время фирма производит до 8 т/год «неодимовых» магнитов – металлокерамических и на полимерной связке. Нами освоен выпуск сепараторов различных типов: барабанные – для сухого и мокрого разделения (ПБС и ПБМ), ленточно-барабанные – для сухой сепарации (ПЛБС), щелевые, с постоянной и периодической регенерацией (ПЛС) и др.

За последние 10 лет изготовлены и сданы в эксплуатацию сепараторы для предприятий: ОАО ЧЭМК (г. Челябинск), ОАО «Огнеупоры» (г. Богданович), ВГОК (г. Нижний Тагил), КГОК (г. Качканар), ОАО «Олений Ручей» (г. Кандалакша), «Евраз Холдинг» (г. Кривой Рог, г. Новокузнецк) и др. Фирма выпускает также магниты для электробензонасосов автомобилей, для вентильных и шаговых электродвигателей, для мотор-колеса инвалидных колясок. Освоив методику расчёта магнитных систем для создания необходимой напряжённости поля, мы получили возможность изготавливать любые сепараторы по Техническому Заданию Заказчика.

Продолжаем работу над новыми видами магнитных материалов и новыми типами сепараторов. Стараемся принимать участие в научно-практических конференциях по РЗ-тематике (добыча, производство, применение). Магнитные системы выпускаемых нами сепараторов позволяют создавать в рабочей зоне поля с напряжённостью до 1300 кА/м (1,6 Тл). Основные преимущества сепараторов на основе РЗМ следующие:

1) компактность, небольшая масса и малый расход электроэнергии;

2) возможность создания сильного поля в открытой зоне разделения;

3) крайне малое снижение магнитных характеристик во времени по сравнению с ферритовыми и альникомагнитами.

На сегодняшний день налажено производство широкой гаммы магнитных сепараторов для горнодобывающей, металлургической, пищевой и с/х промышленности. Приведем примеры несколько их видов с краткой характеристикой.

а) ПБС – 60/20 (40; 60) предназначен для извлечения ферромагнитных частиц, раскрытых при дроблении и размоле исходного сырья и продуктов износа мелющих тел из потока с крупностью от 0,01 до 50 мм. Зона сепарации в мм: диаметр барабана – 600, ширина – 200 (400; 600); напряжённость магнитного поля на поверхности барабана – не менее 400 мТ; производительность, т/час – до 15 (30; 100).

б) Магнитный сепаратор центробежного типа – ПБСЦ-40/40 – на нём извлекаются ферромагнитные частицы из потока с крупностью от 0,01 до 5 мм; диаметр барабана и ширина его – 400 мм; напряжённость – не менее 240 мТ; производительность – 30 т/час.

в) ПБМ – 90/250 (150/200) – применяется для извлечения мокрым методом магнитной фракции из потока пульпы (руды) крупностью до 6 мм; тип ванны – по выбору (прямоточная, противоточная, полупротивоточная); напряжённость в мТ: 170, 240, 320, 400; производительность по твёрдому продукту – от 100 до 250 т/час.

г) МСК-15 – оригинальный сепаратор с непрерывной регенерацией для очистки муки, зерна, крупы и т.д. от металлических частиц из общего потока сухого материала крупностью от 0,001 до 5 мм. Зона сепарации в мм: диаметр – 170, длина – 270; напряжённость магнитного поля обечайки в мТ – не менее 700; производительность: по муке (насыпной вес 0,5 г/см^3) – 12 т/час; по зерну (н.в. 0,75 г/см^3) – 18; по песку (н.в. 1,3 г/см^3) – 30; сепаратор выполнен из стали 12Х18Н10Т.

д) Приводной магнитный барабан-сепаратор типа ПЛБС предназначен для извлечения ферромагнитных включений массой до 120 кг из сухих сыпучих материалов (формовочных песков, мергеля, мелкого щебня), движущихся на транспортёрной ленте; напряжённость магнитного поля на поверхности ленты от 200 до 350 мТ.

е) Магнитный фильтр воды ПМВ-50 (100, 150, 200): им производится очистка питьевой и технической воды от механических ферромагнитных включений. Фильтр устанавливается на магистраль водовода с диаметром от 50 до 200 мм. Очистка фильтра – периодическая, по мере накопления «грязи» на стыке и на полюсах магнитной системы; отключать подачу воды не нужно!

В некоторых случаях при сепарировании материалов (руд) требуется изменить напряженность магнитного поля на поверхности

барабана сепаратора. Для решения этой задачи мы разработали магнитные сепараторы с Системой Магнитной Регулируемой – СМРПА.

Краткое описание СМРПА – система магнитная регулируемая полуавтоматическая позволяет изменять параметры индукции магнитного поля на поверхности барабана (футеровки) магнитного сепаратора как сухого, так и мокрого в широких пределах – от 0,50 Тл до 0,02 Тл без остановки вращения барабана и потока рудного материала. Кроме этого, можно менять частоту вращения барабана и угол наклона делителя потока. Такая «способность» СМРПА позволяет получить максимальный эффект сепарации материалов (руды, пульпы, шлаков и др.), поступающих на фабрику из различных мест и пластов выработки (складирования). Управление параметрами работы сепаратора производится с панели шкафа управления или центрального пульта. Применяемая в системе управления киберэлектроника, позволяет подключить компьютер для обеспечения автоматического режима с использованием поточного ферромагнетометра. Вся система СМРПА в этом случае работает по специальной программе без участия персонала.

Преимущества комплекса СМРПА:

1. Работа на потоке руды;
2. Исключен человеческий фактор;
3. Перемещение полюсов магнитной системы с высокой точностью (тщательная настройка значений напряженности магнитного поля на поверхности барабана);
4. Уменьшение содержания ферромагнитной составляющей в «хвостах» и повышение концентрата магнитного железа;
5. Экономить средства для приобретения сепараторов с различной индукцией магнитного поля на барабане (футеровке);
6. Экономия времени на получении лабораторных анализов и проведения ручной корректировки параметров сепарации.

В магнитном сепараторе применены в качестве привода барабана мотор-редуктор фирмы «Норд» (Германия), преобразователи частоты вращения барабана типа ATV31 (Шнайдер, Франция), для поворота делителя мотор-редуктор типа МЭО. Указанное выше оборудование практически не нуждается в техническом обслуживании в течение пяти лет.

Около двух лет наша фирма сотрудничает с компанией ООО «ИНТЭС» (г. Тюмень), которая занимается разработками новой технологии для эффективной добычи нефти. Данная компания уже имеет ряд новых внедренных тем, а в последнее время

разрабатывает линейный насос нового поколения, основанного на постоянных магнитах.

Эта продукция требует таких редкоземельных материалов как неодим, диспрозий, самарий и др. Для изготовления годовой потребности компании ООО «ИНТЭС» в постоянных высокоэнергетических магнитах необходимо редкоземельных металлов около 2-х тысяч тонн.

Руководитель компании ООО «ИНТЭС» Богачук Юрий Федорович является одним из инициаторов воспроизводства редких и редкоземельных материалов и входит в рабочую группу комитета Государственной Думы под руководством Язева Валерия Афанасьевича, который занимается этой проблематикой.

Из выше сказанного следует, что работа нашей фирмы напрямую зависит от наличия неодима. Длительное время по сходной цене мы покупали его в Китае. С 2008 г. ситуация начала меняться в худшую сторону. Китай значительно ограничил экспорт и резко повысил цены на редкоземельные металлы.

В заключение разъясним два термина.

Первый термин – магнитопласты – это композиция РЗ-магнитотвёрдых изотропных материалов (МТИ) с органическими (полимерными) связующими. Материал МТИ для изготовления магнитопластов производится на нашем предприятии методом НДДР-процесса с 1998 года.

Другой термин – металлокерамические (спечённые) магниты – это постоянные анизотропные магниты, получаемые при жидкофазном спекании.

Глава I. Редкоземельные металлы, их свойства и применение

К РЗМ относятся 15 химических элементов из группы лантаноидов (Ln) от La № 57 до Lu № 71. Прометия (Pm № 61) в природных условиях нет. Это радиоактивный элемент с массовым числом наиболее долго живущего изотопа 145 (период полураспада около 30 лет). В геологии, технологии и металлургии к числу РЗМ относят также иттрий (Y № 39), близкий по химическим свойствам и поведению в земной коре к Ln. Мы придерживаемся двухчастного деления их: цериевая группа ($Ln_{Ce} = TR_{Ce}$) – La, Ce, Pr, Nd, Sm; иттриевая группа – от Eu (№ 63) до Lu (№ 71), плюс Y (№ 39) – $Ln_Y = TR_Y$. Электронное строение атомов Y и Ln показано в табл. 1-1.

Таблица 1-1

Распределение электронов в нейтральных атомах Y и Ln
(уровни с одинаковым количеством электронов опущены – K-2, L-8, M-18; опущены и подуровни N-$4s^2$ и $4p^6$)

Z	Уровень	N		O			P
	Подуровень	4d	4f	5s	5p	5d	6s
39	Y	1		2			
57	La	10		2	6	1	2
58	Ce	10	2	2	6		2
59	Pr	10	3	2	6		2
60	Nd	10	4	2	6		2
61	Pm	10	5	2	6		2
62	Sm	10	6	2	6		2
63	Eu	10	7	2	6		2
64	Gd	10	7	2	6	1	2
65	Tb	10	9	2	6		2
66	Dy	10	10	2	6		2
67	Ho	10	11	2	6		2
68	Er	10	12	2	6		2
69	Tu	10	13	2	6		2
70	Yb	10	14	2	6		2
71	Lu	10	14	2	6	1	2

Некоторые Ln, кроме обычной валентности 3^+, проявляют «аномальные» валентности: 4^+ (Ce, Pr, Tb) и 2^+ (Sm, Eu, Yb), что

связано с различными энергетическими состояниями на подуровне 4f. Наиболее устойчивы электронные конфигурации у La, Gd и Lu.

Радиусы атомов и ионов Ln закономерно уменьшаются от La к Lu. Это явление было открыто В.М. Гольдшмидтом и носит название «лантаноидного сжатия». Причина его – в экранировании одного электрона другими в той же 4f-оболочке.

Химические свойства Ln близкие, хотя с увеличением номера несколько понижается основной характер элементов, изменяются растворимость солей, устойчивость комплексных соединений и др.

Ln обладают высокой парамагнитной восприимчивостью – следствие экранирования магнитно-активного 4f-подуровня электронами внешних оболочек. La и Lu, как Y и Sc, диамагнитны; остальные Ln – парамагнитны. Применение Y и Ln в ферромагнетиках важно в устройствах сверхдальней связи, в ячейках «памяти» электронных машин и других областях радиоэлектроники.

Кларки цериевых лантаноидов выше иттриевых. Различаются элементы и по ценам, которые быстро меняются, в основном из-за политики Китая – гегемона на рынке. Промышленные концентрации РЗМ известны в разных типах месторождений. Нам ближе элементы Ce-группы, которым уделяем основное внимание. К тому же, мы ограничиваем своё изложение сырьевой базой в европейской части России, где в месторождениях практически нет Y и элементов его группы. Несмотря на сделанную оговорку, приведём краткую характеристику этого широко распространённого элемента.

Y (№ 39) – атомная масса (ат. м.) 88,9059; атомный радиус (ат. р.) 0,0181 нм; ионный радиус (ион. р.) 0,097 нм (по Белову и Бокию); 1-ый потенциал ионизации (пот. ион.) 6,38 эв (по Протодьяконову); магнитная восприимчивость (магн. воспр.) слабая. Содержание в земной коре (по Виноградову, 1962) 29 г/т; в основных породах – 20; в кислых – 34 и осадочных, в основе которых глины и сланцы, 30. Насчитывается около 80 собственных Y-минералов, плюс 25 минералов других элементов, содержащих более 1% иттрия. Это – Y-оксиды, карбонаты, силикаты, фосфаты и фториды. По вхождению Y в РЗ-минералы Е.И. Семёнов (2001) выделяет следующие типы TR: 1) иттриевый – преобладание Y над Ln (фергюсонит, эвксенит, ксенотим); 2) двойной La-Y (давидит); 3) Ce-Y (гадолинит); 4) Nd-Y (эшенит); 5) Gd-Y (самарскит); 6) обычный Dy-Y (ксенотим); 7) Yb-Y (гадолинит). Менее чётко проявлены Sm-Y и Er-Y составы. Для иттриевых земель (TR_Y) характерна связь с ионами

малого радиуса (Mn, Fe, Zr, U), для цериевых (TR_{Ce}) – с ионами большего радиуса (K, Na, Sr, Ba). Хотя TR способны замещать более десяти элементов, сами они гетеровалентно замещаются, например, в монаците и ксенотиме лишь U, Th (и Ca): USi – YP, ThSi – CeP, CaTh – 2Ce. Вопросы предполагаемых схем изоморфизма редких земель не рассматриваем. По нашему мнению, в природных условиях больше преобладают смеси самостоятельных минералов.

Приведём несколько формул минералов, перспективных в промышленном отношении на Y: фергюсонит – $YNbO_4$, гадолинит – $FeBe_2Y_2Si_2O_{10}$, Y-флюорит – $CaYF_5$, гагаринит – $NaCaYF_6$ и др. (формулы – по Семёнову, 2001). Значительная часть иттрия рассеяна в породообразующих минералах (пироксенах, амфиболах), а также в сфене, гранатах, цирконе, эвдиалите, апатите, флюорите, анкерите и др.

Y – мягкий серебристо-белый металл; ниже 1480 ±2°С кристаллическая решетка его гексагональная плотноупакованная (α-Y), выше – кубическая объёмноцентрированная (β-Y); плотность (пл.) 4,469 г/см^3; т-ра плавления 1528°С, т-ра кипения 3322°. Степень окисления (ст. ок.) 3^+; нормальный потенциал равен – 2,37 В; Y окисляется на воздухе; при комнатной т-ре реагирует с кислородом, поглощает водород, взаимодействует с водой, соляной, азотной и серной кислотами; выше 200° взаимодействует с галогенами и серой; выше 800° – с азотом.

Получают Y кальциетермическим восстановлением трифторида. Применяется этот металл для легирования сталей, чугунов, жаростойких сплавов; чистый Y – газопоглотитель и конструкционный материал для ядерных реакторов (благодаря малому сечению захвата тепловых нейтронов). Другие важные области применения – люминофоры для цветного телевидения и люминисцентных ламп, гранаты и ферриты для различных электронных устройств, лазеры, оптическое стекло, огнеупорная керамика, газовые сенсоры, ювелирные изделия.

La (№ 57) – ат. м. 138,9055; ат. р. 0,187 нм; ион. р. 0,104 нм; пот. ион. 5,61 эв; магн.воспр. 115 э.м.е. Содержание в земной коре 18 г/т. Известно 28 минералов Ln с La-максимумом; ещё столько же минералов содержат более 5% La. Главные минералы его: бастнезит – $LaCO_3F$, монацит – $LaPO_4$, лопарит – $NaLa(Ti, Nb)_2O_6$, давидит – $Fe_2Fe^{3+}{}_6LaYTi_{12}O_{38}$. В этом последнем минерале, по работе Е.И. Семёнова (1967), содержатся, вес. %: R_2O_3 13,7; ThO_2 0,4; UO_2 1,7; TiO_2 56; SiO_2 1,0; Nb_2O_5 2,1; FeO 20; MnO 1,9; CaO 0,6; H_2O 2,7.

Менее значимые носители La: лантанит – $LaNd(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$, церит – $HCa_2FeLa_7O_{28}$, чевкинит – $Fe_2La_4Ti_3Si_4O_{22}$, рабдофанит – $Ce_gPO_4 \cdot nH_2O$ (также Y-рабдофанит – $Y_gPO_4 \cdot H_2O$), стенструпин – $Na_2CaLaSi_3PO_{12}$, флоренсит – $LaAl_3\ (PO_4)_2(OH)_6$. Значительным источником La и других редких элементов некоторые авторы называют апатит из щелочных пород и фосфоритов. Есть La в перовските, кальците, амфиболах, биотите. В осадочных породах обогащены им глауконит, франколит, крандалит, встречается рабдофанит.

Лантан – белый металл; ниже 260°C кр. реш. гексагональная (α-La), при 260–280° – кубическая гранецентрированная (β-La), выше 880° – кубическая объёмноцентрированная (γ-La); пл. 6,162 г/см^3; т-ра пл. 920°C, т-ра кип. 3450°; ст.ок. + 3; норм. пот. – 2,52 В. Во влажном воздухе окисляется; при комн. т-ре реагирует с водой и кислотами: соляной, азотной, серной; выше 200° – с галогенами. Получают лантаноиды путём растворения рудных концентратов в H_2SO_4, HNO_3 или в щелочах с последующим разделением и очисткой методами жидкостной экстракции или ионообменной сорбции. Более подробно о технологии передела монацита, лопарита и апатита говорится ниже.

La (№ 57), Gd (№ 64) и Lu (№ 71), имеющие по одному 5d-электрону, обладают очень близкими химическими свойствами. Этим оправдано объединение всех 15 элементов в один класс лантаноидов.

Основные области применения La: стекольная промышленность и производство батарей; в меньших количествах: в чёрной и цветной металлургии (в виде мишметалла), в керамике, в автокатализаторах, люминофорах, электронике. La-содержащее стекло используют для изготовления линз теле-, фото- и кинокамер. В Японии вводят мишметалл (меньше 1%) в алюминиевые сплавы для линий высокого напряжения; улучшается их прочность на разрыв, жаростойкость, сопротивление вибрации и коррозии. В этой же стране быстро развивается производство никель-металл-гидридных (NiMH) батарей; каждая из них содержит около 10 г мишметалла. Сплав LaNiH – прекрасный материал для хранения водорода (в военной технике, в системах аккумуляции энергии, нагревательных насосах и в холодильной технике).

Ce – наиболее распространённый R-элемент. В большинстве пород и минералов составляет ровно половину от суммы Ce-земель. Существует около 100 минералов с Ce^{3+}. Преимущественно это оксиды, карбонаты, силикаты и фосфаты Na, Ca, Fe, Mn. Ce-минералы по

времени образования располагаются в такой последовательности: алланит (ортит) – монацит – бастнезит – флоренсит – рабдофанит – церианит. В корах выветривания щелочных пород вероятно нахождение самостоятельных конкреций последнего. Значительные количества Се рассеиваются в акцессорных и в породообразующих минералах.

Главные типы Се-месторождений связаны с щелочными породами и их корами выветривания: гидротермальные м-ния бастнезита (Баян-Обо, Маунтин-Пасс), нефелиновые сиениты с лопаритом (Ловозеро), россыпи монацита (Австралия, Индия и др.), гидромонацит и флоренсит в корах выветривания карбонатитов (Томтор, Маунтвелд). Много R_{Ce} находится в апатитовых и флоренситовых рудах. Среднее содержание их весьма низкое (0,5–0,7%), но с учётом больших запасов «накручиваются» внушительные цифры. Важна экономика получения TR, о чём многие исследователи забывают, обещая a priori горы РЗМ из таких руд.

В периодической системе элементов Д.И. Менделеева Се находится под № 58; ат. масса его 140,12; ат. рад. 0,183 нм; ион рад. Ce^{3+} 0,102 и Ce^{4+} 0,088 нм; пот. ион. 5,60 эв; магн. воспр. 700. Содержание в земной коре равно 70 г/т; важнейшие минералы церия однотипны с лантаном – бастнезит, монацит, лопарит, флюоцерит, паризит, церит и др.

Металлический Се имеет серый цвет; ниже – 130°C кр. реш. его кубическая (α-Се); от – 130 до 126° – гексагональная (β-Се); выше 126° – кубическая (γ-Се); пл. 6,789 г/см^3; т-ра пл. 804°C, т-ра кип. 3450°; ст. ок., как указано выше, +3 и +4; норм. пот. -2,48 В. Во влажном воздухе окисляется (при 160–180°C воспламеняется), при комн. т-ре реагирует с водой и кислотами: соляной, азотной, серной; при нагревании – с галогенами, азотом, углеродом, серой. Получают Се как и La. Он – самый дешёвый из всех РЗЭ. Широко используется в стекольной промышленности и в производстве автокатализаторов (Се и La увеличивают их термическую стабильность); в меньшей мере – для легирования железных, титановых и медных сплавов, чугуна с шаровидным графитом, жаропрочных Ni-Co-сплавов, при очистке дымовых газов, в красках (вместо ядовитого кадмия). Высокочистый оксид Се начали применять для полировки жидкокристаллических подложек, в интегральных схемах и стеклянных дисках памяти. Y и Се добавляют в фольгу из нержавеющей стали; улучшаются её термические и механические свойства.

Празеодим (Pr) – ат. № 59, ат. масса 140,908; ат. рад. 0,182 нм, ион. рад. 0,100 нм; пот. ион. 5,42 эв; магн. воспр. 5470. Содержание

в земной коре равно 7 г/т (по Балашову, 1976 – 5,5 г/т, как у Гольдшмидта, 1937 – 5,53). Собственных минералов нет; совместно с другими РЗЭ входит в монацит, бастнезит, лопарит, самарскит – $YFe (Nb, Ta)_2O_8$ (в примеси: Gd, U, Th и др.) и десятки других минералов. По Е.И. Семёнову (2001), содержание Pr в гипербазитах и толеитах меньше 2 г/т; в сиенитах, гранитоидах, сланцах (и, соответственно, в континентальной коре) около 10 г/т; в фоидитах достигает 80 г/т. Характеризуя фоидиты и сиениты, Е.И. Семёнов пишет, что в них «особенно важное индикаторное значение имеют породообразующие темноцветные – биопириболы (слюды, пироксены, амфиболы)... Концентрация R обычно отмечается в породах, чьи биопириболы богаты не только щелочами (особенно Na), но и F, Fe (преимущественно Fe^{3+}), Mn, Ti, Zr и, конечно, самими R». Обычно железистые (Fe^{3+}, Ti) ультранатриевые фоидиты, сиениты и граниты гораздо богаче R, чем магний-алюминиевые. Для Na-пород важно обогащение альбитом, нефелином, содалитом, эгирином. Если гипербазиты и базиты, заключает Е.И. Семёнов, «не содержат существенных концентраций РЗЭ и актиноидов, то с фоидитами, гранитами и карбонатитами связаны главные типы м-ний этих элементов». В карбонатитовых корах выветривания (Томтор, Маунтвелд) содержание Pr около 1,5%.

Pr – серый с желтоватым оттенком металл; ниже 796°C кр. реш. его гексагональная плотноупакованная (α-Pr), выше – кубическая (β-Pr); пл. 6,769 г/см^3; т-ра пл. 932°C, т-ра кип. 3510°; характерная степень окисления 3^+; известен также Pr^{4+}; норм. пот., В -2,47; на воздухе быстро окисляется. При комн. т-ре поглощает водород, взаимодействует с соляной, азотной и серной кислотами, при нагревании – с галогенами.

Pr используют для окрашивания стекла и керамики, в постоянных магнитах с никелем и кобальтом, катализаторах, углях накаливания и как легирующую добавку в железные и магниевые сплавы. С помощью $PrNi_5$ получены рекордно низкие т-ры – миллионные доли градуса выше абсолютного нуля.

Неодим (Nd) – ат. № 60, ат. масса 144,24; ат. рад. 0,182 нм, ион. рад. 0,099 нм; пот. ион. 5,51 эв; магн. воспр. 3460, практически средняя между Pr (5470) и Sm (1320); максимальной величиной магн. воспр. обладает Tb (172000 э.м.е.).

Nd – серебристо-белый металл; ниже 885°C кр. реш. его гексагональная плотноупакованная (α-Nd), выше – кубическая (β-Nd); пл. 7,007 г/см^3; т-ра пл. 1024°C, т-ра кип. 3030°; степень окисления 3^+,

редко 2^+; норм. пот., В – 2,44. На воздухе окисляется, при комн. т-ре взаимодействует с соляной, азотной и серной кислотами, при нагревании – с галогенами (близок к празеодиму). Получают Nd по аналогичной схеме с металлами Се-группы.

Применяется Nd в постоянных магнитах, окрашивании стекла, цветном телевидении, лазерах, керамических конденсаторах, лампах накаливания, катализаторах, в Fe-, Mg-, Ti- и Al-сплавах. Удельная энергия магнитов на основе сплава $Nd_2Fe_{14}B$ в 10 раз превосходит этот показатель у широко используемых ферритов. Керамика с микрокристаллами перовскитовой фазы $(Nd, Y)Ba_2Cu_3O_7$ может найти применение в промышленности как сверхпроводящий материал при высоких т-рах. Nd-соли – важный активатор в растениеводстве.

Основными носителями неодима в магматических породах являются монацит, алланит (ортит), а в фоидитах – мозандрит, лопарит. В акцессориях много его в апатите, сфене, перовските, а также в породообразующих биопириболах; в гидротермальных и осадочных породах Nd содержат рабдофанит, монацит, бастнезит, лантанит; есть Nd в карбонатах, хлоритах, галлуазите, франколите, гётите. Из минералов с Nd-максимумом стоит назвать фергюсонит – $NdNbO_4$, эшинит – $NdTiNbO_6$, циркелит – $(Nd, Zr)_2Ti_2O_7$, синхизит – $CaNd_2(CO_3)_2F$, лантанит, монацит, рабдофанит. Ранние генерации монацита из магматогенных месторождений (гранитных пегматитов и др.) часто обогащены неодимом, а поздние – лантаном и церием.

Главные месторождения неодима: бастнезитовые гидротермалиты (типа Баян-Обо), лопаритовые, эвдиалитовые и апатитовые фоидиты (Ловозеро), монацитовые россыпи, флоренсит-монацитовые коры выветривания карбонатитов. Эшинит (с Nd до 45%) встречен в сиенитах и пегматитах Урала, Енисея, Кореи, в щелочных гидротермалитах и скарнах Баян-Обо. В этом месторождении обогащён Nd и фергюсонит. Находки Nd-монацита известны из гидротермальных жил Альп и из оолитов (ядер) многих палеозойских черносланцевых толщ. Такой Nd-монацит (богатый Eu и Sm), по сообщению Е.И. Семёнова, широко развит в золотоносных россыпях Кулара.

Самарий (Sm) – ат. № 62, ат. м. 150,36; ат. рад. 0,181 нм, ион. рад. 0,097 нм; пот. ион. 5,60 эв; магн. воспр. 1320. Содержание в земной коре равно 7,0 г/т. К числу минералов с высоким Sm относятся монацит (Кулар, Томтор, Керала), Y-синхизит Актюза, гагаринит (из Катугинского м-ния), эвдиалит, давидит, лопарит (Ловозеро). Sm-разновидности известны у оолитового монацита,

у ряда Y-титанониобатов (самарскит, эвксенит). Максимальное содержание Sm в Ln составляет 30% (эшинит); в бесцериевом лантаните – до 13%. Обычно бедны самарием бастнезит и лопарит щелочных массивов. Много Sm в чёрных сланцах и россыпях за счёт гранитоидов. Основные минералы-носители Sm: монацит, алланит, эпидот, сфен, апатит, кальцит, флюорит и биопириболы.

Sm – серебристый металл; ниже 917°С кр. реш. его ромбоэдрическая (α-Sm), выше – кубическая (β-Sm); пл. 7,536 г/см^3; т-ра плавления 1072°С, т-ра кипения 1800°; ст. ок. 3^+, реже 2^+; норм. пот., В -2,41; на воздухе устойчив; при комн. т-ре реагирует с водой, галогенами, соляной, азотной и серной кислотами.

Sm – один из самых востребованных сейчас РЗ-металлов. Быстро растёт спрос на $SmCo_5$-магниты для миниатюрных моторов, роботов, магнитофонов, компьютеров, телефонной печатающей аппаратуры, измерительных приборов, ускорителей заряженных частиц. В связи с низкими содержаниями Sm в природе его «потеснил» неодим, особенно в крупных изделиях постоянных магнитов.

С РЗ-группой элементов (R), включающей Sc, Y и Ln, очень тесно связан торий (Th). Практически нет R-минералов без тория. По мнению авторитетных специалистов, Th станет экологически безопасным материалом для ядерных реакторов следующего поколения.

Выделение отдельных металлов из R-смеси – весьма сложная производственная задача. Никаких новшеств в её решение за последние 25–30 лет практически не внесено.

Выше приведены краткие сведения о применении в технических целях Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, т.е. индивидуальных элементов. В практической же деятельности более часто используются смеси РЗМ в виде оксидов, нитратов, фторидов, хлоридов, карбонатов, силицидов, мишметалла. La, Ce, Er, Yb идут в стекольную промышленность, смешанные РЗМ (в виде нитратов) – в нефтяную (в качестве катализаторов для крекинга); в металлургии обычно используют мишметалл для удаления азота, кислорода, серы; в производстве высокочистого чугуна, стали и сплавов цветных металлов, а также пирофорных материалов (способны самовозгораться при контакте с воздухом). Мишметалл, обогащённый лантаном, используется в качестве добавки в магнитные сплавы. Улучшается их сопротивление ползучести. Al-сплав «гольфан» (до 0,05% La-Ce-смеси) является прекрасным гальваническим покрытием. Добавка 0,3% мишметалла в Al-сплавы для высоковольтных линий электропередач увеличивает их прочность на 20%. Добавки РЗМ в сплавы цветных металлов улучшают их свой-

ства в агрессивных средах; резко уменьшается скорость коррозии. В Японии и в странах Юго-Восточной Азии на производство постоянных магнитов идёт более 50% РЗМ (Pr, Nd, Sm, Tb, Dy), в мире – до 15%. Сохраняется интерес к Sm-Co-магнитам – они менее подвержены коррозии и выдерживают свои магнитные характеристики при т-рах до 550°С. Китай длительное время применяет РЗМ в сельском хозяйстве – как для повышения урожайности с/х-культур, так и в кормах для скота, птиц, рыб.

РЗ-люминофоры для катодных трубок прошли эволюцию от простых высокочистых РЗМ до комплексных соединений. «Белые» светодиоды (на основе Eu, Ce и Tb) стали применяться в плоских плазменных экранах и экранах с автоэлектронной эмиссией; создано новое поколение компактных «трёхполосных» флуоресцентных ламп (важная энергозамена обычных ламп накаливания). РЗМ являются ключевой составляющей в разрабатываемых оксидных топливных элементах.

В земной коре содержание Ln от Eu до Lu очень низкое. В связи с этим и производство их мизерное, по сравнению с Y и лантаноидами Ce-группы. Детальную характеристику их мы опускаем. В стекольной промышленности, как указано выше, наиболее широко используется оксид церия; в небольших количествах, наряду с оксидами La, Nd, Pr и Sm, потребляют также оксиды Eu, Gd, Ho, Yb и в самых малых – оксиды Dy, Y и Er. Очищенные РЗМ – это добавки к оптическим, безосколочным, защищающим от радиации кристаллическим стёклам и стёклам для лазеров, люминисцентных ламп, оптических, фильтровальных и фотохроматических линз. РЗ-металлы употребляются для окрашивания, обесцвечивания, стабилизации против потемнения, как добавка в лазерные стёкла и как модификаторы для увеличения индекса отражения и уменьшения дисперсии в высокочистых стёклах.

В магнитных сплавах на основе Pr, Nd и Sm всё шире стали применяться Dy и Tb. Повышена эффективность работы постоянных магнитов и их термостойкость. За рубежом новой областью применения Er стали волоконно-оптические кабели; добавка Er позволяет повысить скорость передачи, усилить сигнал в несколько раз и сократить число дорогих электронных усилителей.

Общая потребность в РЗ-магнитах только для газовых разделительных центрифуг к 2015 году может составить около 50 тонн. Нарастает использование таких магнитов в автомобильной промышленности.

Основной областью применения Eu, Tb и Lu являются люминофоры. Атомная энергетика заинтересована в Gd; этот же элемент важен в запоминающих устройствах и лазерах. Российскими учёными создано и испытано новое ядерное топливо с эрбиевым поглотителем. Решена проблема безопасности АЭС. На реакторах типа РБМК получен значительный экономический эффект (десятки миллионов долларов). Кассеты с Er уже работают на Игналинской и Ленинградской АЭС; предполагается полностью переоснастить все АЭС уже в ближайшие годы.

Специалисты атомной промышленности сообщают, что оксиды Gd и Er используются в качестве выгорающих добавок в оксидном урановом топливе реакторов ВВЭР и РБМК. Введение 0,4–0,6% оксида Er допускает повышение степени обогащения урана с 2-х до 2,4–2,6%. Потребность атомной энергетики России в Gd, Er и Dy видна из следующих цифр, т/год: 2010 – Gd, Er, Dy соответственно 1 – 2 – 2; 2020 – по 3 т каждого и 2030 – 4, 3 и 3.

В целом области применения РЗМ, по данным на 2009 год, в процентах: магниты – 21, катализаторы – 19, металлургия – 18, полировальные пасты – 12, стёкла – 10, люминофоры – 7, керамика – 6, прочие – 7. В печатных органах России подчёркивается, что уровни производства и потребления РЗМ в разных странах служат чёткими индикаторами их экономического развития и национальной безопасности. Рост спроса на РЗ-магниты стабилизируется, в частности, расширением их использования в моторах для ветровых генераторов и гибридных электромобилей.

В заключение 1-ой главы назовём первооткрывателей РЗ-металлов. Восхищает их подвижничество. Они творили в интересах науки, имея, чаще всего, медицинское образование. В 1787 году любитель камней, лейтенант шведской армии Аррениус (не путать с химиком Сванте Августом Аррениусом, 1859–1927, лауреатом Нобилевской премии за 1903 год) нашёл в гранитных пегматитах близ пос. Иттерби, недалеко от Стокгольма, смолистый минерал. В 1794 году финский химик Юхан (Иоганн) Гадолин (1760–1852) обнаружил в этом минерале (позднее названном гадолинитом) неизвестные элементы, определённые как редкоземельные (по сходству их оксидов с оксидами кальция – землями). Шведский химик и минералог Андрес Густав Экиберг (1767–1813) подтвердил открытие И. Гадолиным оксида иттрия. Выделенные земли стали называться иттриевыми.

Шведские химики Берцелиус (1779–1848) и В.Г. Хизингер открыли в 1803 году церий. Независимо от них честь открытия его

разделяет и немецкий химик М. Г. Клапрот (1743–1817). С 1766 года он долгое время работал в аптеках разных городов. В 1780 г. основал собственную лабораторию в Берлине. Кроме Се им открыты U и Zr (1789), а также Ti (1795). Изучал соединения стронция (1793), хрома (1797) и теллура (1798). Работы М.Г. Клапрота под общим названием «К химическому познанию минеральных тел» были изданы в 1795–1810 годах (тома 1–5). Обширные знания и интересы М.Г. Клапрота – яркий показатель таланта и трудолюбия этого учёного. Его деловитости следовало бы поучиться российским химикам и технологам. Несмотря на XXI век они всё ещё не могут наладить передел ториевого монацита. Около 60 лет концентрат этого минерала хранится на окраине г. Красноуфимска Свердловской области.

Швед Карл Густав Мосандер (1797–1858) окончил в 1825 году Медико-хирургический институт в Стокгольме и несколько лет работал военным хирургом. Под влиянием И.Я. Берцелиуса увлёкся химией и в 1839 г. открыл лантан, а 4 года спустя (1843) – ещё 2 элемента – эрбий и тербий. Более раннее сообщение (1839) об элементе «дидиме» оказалось неточным. Много позже австрийский химик К. Ауэр фон Вельбах показал (1885), что «дидим» – это смесь неодима и празеодима (по гречески neos означает новый, а didimes – близнец).

В 1875 г. французский химик П. Лекок де Буабодран (1838–1912) открыл в цинковой обманке из Пиринеев новый элемент – галлий, существование которого было предсказано Д.И. Менделеевым в 1870 году («экаалюминий»). Он же спектральным методом открыл в 1879 г. самарий, а в 1886 г. – гадолиний и диспрозий. Образование этот учёный получил самостоятельно, занимаясь по программе Политехнической школы. С 16 лет работал в винодельческой фирме своего отца в Коньяке; хорошо оборудовал свою лабораторию, в которой и проводил химико-спектральные эксперименты. Д.И. Менделеев назвал его «укрепителем» Периодического закона.

Французский химик Э. Демерсе усовершенствовал в 1890 г. метод разделения РЗЭ фракционной кристаллизацией. Выделил из «самариевой земли» новый элемент – европий. Подтвердил после длительных спектральных исследований в 1901 году.

Шведский химик П. Клеве в 1879 г. открыл гольмий и тулий, а также доказал идентичность скандия, открытого Л. Нильсоном, и «экабора», предсказанного Д.И. Менделеевым. П. Клеве окончил Упсальский университет. Учился дополнительно в Стокгольме у К. Масандера в Медико-хирургическом институте.

Швейцарский химик Ж. Мариньяк (1817–1894) в 1839 году окончил Высшую горную школу в Париже. В 1841–1878 годах был профессором Женевского университета. Разработал (1866) способ разделения ниобия и тантала, а в 1878 году открыл иттербий. Один из крупнейших специалистов в области химии РЗЭ во второй половине XIX века. Способствовал открытию гадолиния (1886) Лекок де Буабодраном.

Французский химик Жорж Урбен (1872–1938) окончил Школу индустриальной физики и химии в Париже (1894). Основной областью его исследований была химия РЗЭ. В 1907 году он показал, что иттербий, открытый в 1878 г. Ж.Ш. Мариньяком, представляет собой смесь двух РЗЭ. За одним из них предложил сохранить название иттербий, другой элемент назвал лютецием. Усовершенствовал метод разделения РЗЭ – дробную кристаллизацию.

Приведённый обзор открытий многих элементов, в том числе редких, показывает очень высокий уровень подготовки специалистов в учебных заведениях в далёкое от нас время. Жаль, что мы, выпускники советских вузов, тратили много времени на изучение политических дисциплин и имели мало часов лабораторной практики.

Глава II. Краткие сведения о магнетизме и магнитных минералах

В настоящее время магнитные сплавы с участием металлов Се-группы получили широкое распространение. В краткой форме, в объёме нашей тематики, приводим основные сведения о магнетизме, используя минимум формул и сложных понятий. Надеемся, что они будут полезны и студентам, и широкому кругу разных специалистов.

Явление магнетизма известно людям с древних времён. Первый итог серьёзных исследований подвёл в 1600 году английский физик и врач У. Гильберт – «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле». Им были сформулированы такие выводы: существуют северный и южный полюсы, различные по своим свойствам; на полюсах притягательная сила наибольшая; разноимённые полюсы притягиваются, а одноимённые – отталкиваются; невозможно получить магнит с одним полюсом; Земной шар – большой магнит.

Свыше 200 лет практически не было новых сведений по физике магнитных явлений. Лишь в 1820 г. датский физик Х.К. Эрстед открыл магнитное действие электрического тока. Было установлено, что магнитная стрелка вблизи проводника с током отклоняется от плоскости магнитного меридиана. В честь этого учёного единица напряжённости магнитного поля в системе СГС названа эрстедом (Э). 1 Э равен $(1/4\pi) \cdot 10^3$А/м = 79,579 А/м. Чем больше величина напряжённости М.п. (Н), тем сильнее она действует на внесённый в поле магнит. Если М.п. и ось магнитной стрелки совпадают, то последняя находится в состоянии устойчивого равновесия. При несовпадении будет некий угол α. Чем больше α, тем большую работу надо совершить, чтобы повернуть стрелку в состояние равновесия. Такая работа зависит от магнитного момента (М.м.). Под М.м. (в системе СИ: А/м^2) понимают векторную количественную характеристику магнитного тела или системы электрического тока. М.м. на единицу объёма составляет намагниченность. В СИ за единицу намагниченности принимается А/м, а в СГС – эрг/ (Гс · см^3). Здесь Гс (гаусс) – единица магнитной индукции: 1 Гс = 10^{-4} тесла; 1 Тл = 1 Вб/м^2 = 10^4 Гс.

В магнитных взаимодействиях участвуют элементарные частицы (электроны, протоны и др.), электрические токи и намагниченные

тела, обладающие М.м. Магнетизм атомов, молекул и макроскопических тел зависит, в конечном счёте, от магнетизма элементарных частиц. Характер взаимодействия частиц-носителей М.м у веществ определяет их ферро- и ферримагнетизм, пара- и диамагнетизм и др. виды.

Ферромагнетизм – тип магнитного упорядочения (м. уп.), при котором в данной области все магнитные моменты (М.м.) атомов (ионов) параллельны и одинаково ориентированы.

Ферримагнетизм – М.м катионов, занимающих разные позиции в кристаллической решётке, антиферромагнитно спарены, но магнитность вещества наблюдается вследствие неравного числа или разной величины противоположно ориентированных М.м. Такой тип м. уп. присущ магнетиту.

К ферромагнетикам относятся Fe, Co, Ni, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, их сплавы и соединения, а также ряд соединений Cr, Mn и U с неферромагнитными элементами. К ферримагнетикам принадлежит ряд упорядоченных металлических сплавов и, главным образом, различные оксиды, в том числе – ферриты (твёрдый раствор углерода и легирующих элементов в α-железе).

Существует и антиферромагнетизм – магнитоупорядоченное состояние кристаллического вещества, при котором М.м. всех или части атомов (ионов) в соседних узлах кристаллической решётки ориентированы так (как правило, антипараллельно), что намагниченность вещества в целом равна нулю. Под действием внешнего магнитного поля антиферромагнетики приобретают слабую намагниченность. При устранении намагничивающего поля ферромагнетики сохраняют остаточную намагниченность. Её можно свести к нулю, приложив определённое по величине поле противоположного направления (напряжённость этого поля называется коэрцитивной силой Ф.) или нагревая Ф. выше точки Кюри; в этом последнем случае Ф. становится парамагнетиком (некоторые из РЗМ – антиферромагнетиками).

Кривые намагничивания и размагничивания у ферромагнетиков, как правило, не совпадают – явление гестерезиса.

Повышение т-ры до точки Нееля приводит к потере спонтанной намагниченности и переходу в парамагнитное состояние. Выше точки Нееля тепловое возбуждение мешает антиферромагнитному упорядочению. В числе антиферромагнетиков – твёрдый кислород (α-модификация; существует при т-ре меньше 24 K), хром, ряд РЗЭ и большое число соединений металлов (NiF_2 , $CoCl_2$, FeO, $MnCO_3$, $CuSO_4$ и др.).

Материалы с большой коэрцитивной силой имеют широкую петлю гестерезиса. Они трудно размагничиваются. Такие магнито-жёсткие материалы идут на изготовление постоянных магнитов. Магнито-мягкие материалы, наоборот, обладают малой коэрцитивной силой и узкой петлёй гестерезиса. Они используются в трансформаторах, статорах и роторах динамомашин и моторов и в других механизмах. В табл. 2-1 показаны некоторые магнитные материалы с их коэрцетивной силой (Нс) и максимальной магнитной проницаемостью.

Таблица 2-1

I – магнито-мягкие и II – магнито-жёсткие материалы

	Материалы	Макс. магнитная проницаемость	Нс, эрстед
I	Железо[1]		0,8–1,5
	Кремнистая сталь (4 вес. % Si)[2]		0,2–0,6
	Пермаллой (78 Ni, 21 Fe)	5000	0,05
	Супермалой (79 Ni, 15 Fe, 5 Cr)	10000	0,004
II	Углеродистая сталь (0,65 C; 0,85 Mn)[3]	100000	42
	Хромистая сталь (1,1 C, 6 Cr, 4 Mo)	900000	74
	Кобальтовая сталь (0,9 C, 5–6 W, 3–6 Cr, 35 Co)[4]		250
	Альни (12 Al, 25 Ni)[5]		500

Парамагнетизм – свойство вещества намагничиваться во внешнем магнитном поле в направлении поля. Им обладают вещества (парамагнетики), атомы (ионы) которых имеют М.м., но у них отсутствует спонтанная магнитная упорядоченность. При намагничивании атомные М.м. выстраиваются по направлению поля (при его отсутствии они дезориентированы тепловым движением). К парамагнитным минералам относятся оливин, пироксен, биотит и др.

Примечание. 1 – как электромагнитный материал используется в основном в тех случаях, когда необходимо получить большие значения намагниченности и, следовательно, высокие значения магнитной индукции. 2 – при добавке к железу Si (2–5%) магнитная проницаемость его увеличивается, намагниченность насыщения изменяется незначительно, коэрцитивная сила становится меньше. Добавки Si значительно повышают сопротивление Fe, что приводит к резкому снижению потерь энергии на токи Фуко. 3 – углеродистая сталь, используемая для постоянных магнитов, содержит от 0,6 до 1,1 вес. % С. При соответствующей обработке получают магнито-жёсткий материал с коэрцитивной силой 50 эрстед и остаточной индукцией около 10000 гаусс. 4 – кобальтовая сталь при 0,7% С, 5 W, 4,25 Cr и 40 Co имеет остаточную магнитную индукцию также в 10000 гаусс, но величина коэрцитивной силы её больше – до 240 эрстед. 5 – сплав «альни» обладает остаточной индукцией 70000 гаусс и коэрцитивной силой 500 эрстед.

Диамагнетизм – свойство вещества намагничиваться во внешнем магнитном поле в направлении противоположном направлению этого поля. Диамагнетизм присущ всем веществам, однако он маскируется пара- и ферромагнетизмом. Типичные диамагнитные минералы – кварц и полевой шпат. К диамагнетикам относятся некоторые металлы (Cu, Bi, Ag, Au, Pb), инертные газы, ионы галогенов, ионы щелочных металлов, многие органические соединения.

Как ферро- так и ферримагнетики имеют доменную структуру, обладают остаточной намагниченностью, переходят в парамагнитное состояние выше точки Кюри (исчезает магнитоупорядоченное состояние). Для Fe она равна 1043 K, для Co – 1403, Ni – 631, Gd – 289, Tb – 223, Dy – 87.

Выше сказано, что к ферромагнетикам относятся ферриты: различают ф-шпинели (MFe_2O_4, где M = Ni, Co, Fe, Mn, Mg, Cu), ф-гранаты ($M_3Fe_3O_{12}$, где M – некоторые РЗМ с кубической структурой граната), ортоферриты ($MFeO_3$ со структурой перовскита; M = TR) и др. У многих ферритов пространственная упорядоченность М.м., ведущая к высоким значениям намагниченности, сочетается с низкой электрической проводимостью (ферримагнетики); они применяются как магнитные материалы в радиотехнике, электронике, автоматике, вычислительной технике и др. областях.

Все ферромагнетики обладают правильной кристаллической решёткой. Они имеют оси лёгкого и трудного намагничивания (явление магнитной анизотропии). В начальной стадии кристаллизации большое количество кристаллов мешают друг другу принять правильные граничные очертания. В этом случае употребляется термин – кристаллиты.

При изучении ферромагнитных тел особый интерес представляют их типы решёток. Fe, например, кристаллизуется в кубической объёмноцентрированной решётке: восемь атомов в вершинах куба, а девятый – на пересечении пространственных диагоналей; у Ni – гранецентрированная решётка из 14 атомов – 8 в вершинах куба и 6 – на пересечении диагоналей; у Co – гексагональная решётка из 12 атомов.

Ещё несколько сведений о сплавах. Пермаллой – общее название группы сплавов Ni с Fe (20–60%), часто легируемых Mo, Cr, Cu, Mn и др. Отличаются высокой магнитной проницаемостью в слабых полях, малыми значениями коэрцитивной силы и гистерезисных потерь. Применяются для изготовления аппаратуры с вы-

сокой чувствительностью в технике радиосвязи и других областях использования слабых токов.

Пермендюр – сплав Co с Fe (48–50%) и V (около 2%). Обладает большой намагниченностью и высокой точкой Кюри (около 980°C). Применяется для изготовления деталей магнитопроводов, обеспечивающих высокую концентрацию магнитного потока, телефонных мембран, деталей малогабаритных электродвигателей.

При характеристике элементов Се-группы указано, что Nd и его соседи обладают очень большой магнитной восприимчивостью. У Pr она максимальна, но этого металла мало в РЗ-сырье, поэтому в производство постоянных магнитов вошли вначале сплавы самария с кобальтом, а после 1985 года – неодима с железом и бором. Каким путём учёные США и Японии независимо друг от друга подошли к созданию уникальных сплавов, нам неизвестно. Полагаем, что была учтена высокая магнитная восприимчивость перечисленных металлов. В будущем, несомненно, удастся создать ещё лучшие сплавы с участием РЗМ.

Перед специалистами Урала, как и других регионов России, стоит первоочередная задача – определить сырьевую базу, начать разработку месторождений с получением концентратов РЗМ и дальнейшим их разделением. Ниже мы вернёмся к этим вопросам.

В целях обобщения данных приводим магнитную восприимчивость всех лантаноидов и иттрия в э.м.е. при 25°C: La – 115, Ce – 700, Pr – 5470, Nd – 3460, Sm – 1320, Eu – 224, Gd – ферромагнитен, Tb – 172000, Dy – 590, Ho – 437, Er – 300, Tm – 152, Yb – 81, Lu – 17,9 и Y – слабая парамагнитность. Кроме Gd ферромагнитными свойствами обладают ещё пять следующих за ним элементов (Tb – Tm).

Незаполненные внутренние оболочки РЗМ приводят к разнообразию их магнитных свойств, в том числе с изменением температуры. Изучение РЗМ-ферромагнетиков показало, что их энергия одноосной магнитной анизотропии в области очень низких т-р настолько велика, что для поликристаллических образцов Dy, Ho, Tb и Tm насыщение не достигается даже в полях 80 тыс. эрстед. Направление осей лёгкого намагничивания у них может быть различным и существенно меняется с т-рой. Большая часть РЗМ имеет структуру гексагональную плотноупакованную (ГПУ), меньшая – кубическую гране- и объёмноцентрированную (КГЦ и КОЦ); только у самария она ромбоэдрическая.

Подведём итог. Все макроскопические магнитные свойства вещества в конечном счёте определяются электрическими свойствами субатомных частиц, электронов и частиц ядра. Магнитные эффекты, возникающие за счёт ядра и составляющих его частиц, очень слабые;

обусловленные же электронами – примерно в 103 выше. Уникальные магнитные свойства РЗМ (в целом и других металлов), как показано выше, зависят от числа и распределения не спаренных электронов в атомах и ионах. Они – результат (по качественному описанию) суммарного вклада спинового момента электрона и орбитального момента, возникающего за счёт движения электрона вокруг ядра. Магнитный момент микрочастиц обычно выражают в магнетонах Бора.

В одной из работ 60-х годов XX века мы встретили фразу о том, что теория высококоэрцитивных сплавов ещё далека от своего завершения. Не совсем ясен даже механизм намагничивания таких сплавов. У нас нет полных сведений, насколько вперёд продвинулось их изучение за последние 50 лет. Сплавы самария с кобальтом, а неодима с железом и бором, вероятно, не последние новинки на пути создания мощных постоянных магнитов. Возможно, что новые сплавы на основе РЗМ создадут и уральские физики, продолжая развивать и пропагандировать идеи академика С.В. Вонсовского, одного из лучших специалистов в области магнитных явлений.

Ниже приводим сведения о минералах, которые поддаются магнитному обогащению.

Магнетит (Mt) – $Fe^{2+}Fe^{3+}{}_2O_4$ – чёрный сильно магнитный минерал, структура его кубическая обращённой шпинели; обычно встречается в виде октаэдрических кристаллов, а также зернистых или массивных скоплений; важнейшая Fe-руда. Широко распространён как акцессорный минерал в породах всех типов; в рудных телах – продукт магматической сегрегации; в виде линз – в кристаллических сланцах и гнейсах; в изверженных породах – первичный минерал или продукт вторичных изменений; много магнетита находится и в россыпях. Удельный вес – в пределах 4,8–5,3 (вычисленный – 5,20); часто содержит различные примеси: Mg, Mn, Ti, Cr, V и др. Наряду с магнетитом в его подгруппу входят магнезиоферрит – $MgFe_2O_4$, якобсит – $MnFe_2O_4$, треворит – $NiFe_2O_4$, франклинит – $ZnFe_2O_4$; по английскому словарю – и маггемит (сильно магнитный минерал, диморфный с гематитом – Fe_2O_3).

Электропроводность у Mt низкая; интенсивность магнитного поля H = 50 по а; точка Кюри около 575°С; ниже её – минерал ферромагнитен, выше – парамагнитен. При т-рах 600–700°С между Mt и ильменитом существует твёрдый раствор (Fe_3O_4 – $FeTiO_3$), а также между Mt и ульвёшпинелью (Fe_3O_4 – Fe_2TiO_4). При понижении т-ры происходит распад с образованием пластинчатых и решётчатых структур (Mt – ильменит) или тонких мирмекитовых срастаний (Mt – ульвёшпинель).

Собственно титаномагнетит (Ti-Mt) — это однофазный твёрдый раствор TiO_2 в Fe_3O_4. Обычно же Ti-Mt называют Mt, содержащий механические включения Ti-минералов — ильменита (преимущественно), рутила, перовскита, ульвёшпинели и др.; большей частью эти включения являются продуктом распада твёрдых растворов ($FeTiO_3$ или Fe_2TiO_4 в Fe_3O_4, иногда продуктом замещения магнетита). В системе Fe_3O_4 — Fe_2TiO_4 большая часть Ti-Mt формируется лишь при высоких т-рах. Структура их шпинелевая. Элементарная ячейка шпинелей содержит 32 иона кислорода и 24 катиона — $R^{2+}{}_8R^{3+}{}_{16}O^{2-}{}_{32}$ (8 катионов — в 4-ой координации, а 16 — в 6-ой). В Mt — инверсионная шпинелевая решётка — Fe^{3+} $(Fe^{2+}Fe^{3+})O^{2-}{}_4$. Все ионы Fe^{3+} равномерно распределены в тетраэдрических и октаэдрических позициях, а Fe^{2+} — только в октаэдрических. Магнитные моменты Fe в этих позициях (8 и 16) противоположно направлены. Таким образом, Mt является антиферромагнетиком.

П. Рамдор (1962) указывает, что в состав ильменита часто входят гейкилит — $MgTiO_3$ и пирофанит — $MnTiO_3$. Эти минералы, таким образом, наиболее высокотемпературные; за ними следует ильменит и замыкает цепочку магнетит.

Маггемит — γ-Fe_2O_3. Как и Mt этот минерал имеет структуру типа шпинели, но в его структурной ячейке заняты лишь 21 и 1/3 положений катионов из возможных 24. Обладает ферромагнитными свойствами, сильно магнитен. Существует предположение, что ионы OH^- способны частично замещать кислород и стабилизировать структуру. Образуется при окислении Mt. Являясь его «наследником», обычно содержит FeO, TiO_2, реже — MgO, MnO, CaO. При нагревании в интервале 200—400°С переходит в гематит — α-Fe_2O_3; с увеличением давления т-ра перехода понижается. Допускается образование маггемита при медленной дегидратации лепидокрокита (γ-FeOOH) или гётита (α-FeOOH).

Ульвошпинель (синоним — ульвит) — Fe_2TiO_4. Обладает кристаллической структурой обращённой шпинели; при комнатной т-ре минерал парамагнитен; при 120°К становится антиферромагнетиком.

По мере развития магнитных сепараторов на основе РЗМ будет возрастать и разделение большого числа минералов, находящихся в парагенетической связке. Мы убеждены, что в описательной части минералогии сильно преувеличена роль изоморфизма. Настало время заменить «химические» формулы минералов на кристаллохимические. Покажем это на примере якобсита и магноферрита: $MnFe_2O_4$ и $(Fe, Mn)^{3+}{}_2$ /$Mn^{2+}O_4$/, $MgFe_2O_4$ и $Fe^{3+}{}_2$/$(Mg, Fe)^{2+}O_4$/.

Глава III. Сырьевая база и производство РЗМ в разных странах

1. США

Основное месторождение РЗМ в США – Маунтин-Пасс, шт. Калифорния. Оно открыто в 1949 г., а разрабатывается с 1955 г. Запасы РЗО равны 13 млн. т, при среднем содержании в руде 8,9%. Относится к группе поздних карбонатитов. В составе руды: кальцит и доломит (40%), барит (25), бастнезит (12), кварц (8), прочие (15); из последних стоит отметить монацит, апатит, магнетит, пирит и др. Содержания РЗО в составе бастнезита такие, вес. %: La – 33, Ce – 49, Pr – 4, Nd – 13, Sm – 0,5; прочие – 0,5. Из этих цифр видно, что на РЗМ Ce-группы приходится 99,5%. Получают концентрат методом флотации; в нём – 60% РЗО; после кислотного выщелачивания – на 10% больше, а после обжига достигает 90%. Попутно извлекается барит.

До 1986 г. США занимали лидирующие позиции в мировой добыче РЗМ, затем уступили Китаю. В 2003 г. работа на руднике Маунтин-Пасс была остановлена; она возобновилась лишь в августе 2007 г.

Динамика потребления РЗ-продукции в США показана в табл. 3.1-1; динамика внешней торговли – в табл. 3.1-2; динамика потребления оксида иттрия – на рис. 3.1-1; структура экспорта/импорта за 2003–2006 годы – в табл. 3.1-3 и динамика цен на концентраты – на рис. 3.1-2. Структура потребления РЗО в 2007 г. была следующей, %: автокатализаторы – 25, катализаторы крекинга нефти – 22, металлургия – 20, полировка стекла и изготовление керамики – 11, производство люминофоров – 10, постоянных магнитов – 3, прочие сферы – 9.

Основная часть РЗО по импорту идёт из Китая, в меньшей мере – из Франции, Японии и Индии. По экспорту продукция направляется в Японию, Канаду, Ю. Корею и Германию. Стоимость очищенных РЗЭ, потребляемых в США, ежегодно превышает 1 млрд. долларов.

27-го января 2010 г. на Международной конференции «Magnetics 2010», Орландо, шт. Флорида, США ведущие компании, потребители РЗМ, с тревогой отметили: 1) перевод в Китай американских и европейских технологий получения и использования РЗМ породил

монополизм Китая в этой области; возникла угроза технологическим интересам США; 2) Китай готовит сегодня тысячи учёных по химии и прикладным РЗМ-наукам, тогда как в колледжах и университетах США этой специальности не уделяется должного внимания; 3) было заявлено – для обеспечения национальной безопасности страны необходимо срочно привлечь внимание американского правительства к проблемам; 4) в свою очередь, оно должно оказать финансовую поддержку возрождению производства РЗМ. Полагаем, что Правительство России в полной мере осознаёт важность поднятых вопросов и со своей стороны сделает всё необходимое, чтобы редкоземельные элементы заняли достойное место в промышленных изделиях нашей страны.

После объявления Китаем жёсткой экспортной политики с одновременным повышением цен на РЗ-продукцию в США под эгидой компании «Molycorp Minerals» был создан Консорциум из ряда фирм, ведущих в энергетике и электронике, а также – из университетов США. Задача – быстро возродить РЗ-промышленность страны. За короткий срок открыты два месторождения – Lehmi Pass на границе штатов Айдахо и Монтана, и Diamond Creek в самом штате Айдахо. По оценке компании-разработчика «US Rare Earths» они способны полностью покрыть внутренние потребности США в РЗМ и избавить страну от импортной зависимости.

Специалисты указывают: «Diamond Creek является самым мощным и наиболее доступным месторождением в Северной Америке. Неподалёку от него есть источники энергии, электростанции и дороги... Разработка нового месторождения потребует много времени, но, учитывая стратегическую необходимость в ней государства, этот процесс можно ускорить». Компания «US Rare Earths» объявила: производство не будет дешёвым; необходимы инвестиции около 1-го млрд. долларов.

Департамент науки и технологии Министерства обороны США квалифицировал Консорциум как «Модель инновационного предприятия» и рекомендовал Департаменту обороны заключить с ним контракт на благоприятных условиях и сроках финансирования с целью быстрого возрождения и развития производства РЗМ.

Взять всё лучшее из прошлого и добавить всё лучшее из мирового опыта в настоящем – вот посильная задача для России и она должна реализовываться. Опыт США надо заимствовать. Желательно, чтобы Правительство России также осознало настоятельную потребность в РЗМ и наладило масштабное производство их в стране.

Таблица 3.1-1

Динамика потребления РЗ-продукции в США, тыс. т РЗО

1990	1995	1996	1997	1998	1999
17,5	19,0	19,4	19,4	11,5	11,5

Продолжение

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
12,1	15,1	11,0	9,3*	5,5	6,0	9,5

*По другим данным США использовали 17–20 тыс. т РЗО. Порядок цифр сохраняется, вероятно, и в следующие годы. Точными цифрами мы не располагаем. Значительное сокращение обусловлено, скорее всего, тем, что многие производства были переведены в оффшорные зоны, в частности, в Китай и страны ЮВА.

Таблица 3.1-2

Динамика внешней торговли РЗМ в США (т продуктов)

Показатель	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Имп./эксп.	6699/7174	7996/10219	12173/10584	16021/12970	11955/12371	13940/9454

Продолжение

1999	2001	2002	2003	2004	2006	2007
21160/9610	19168/9094	14179/8210	18811/7380	17159/11810	18510/9153	17837/7860

Таблица 3.1-3

Структура экспорта/импорта в США, т*

Продукция	2003	2004	2005	2006
Металлы и сплавы	1190/1130	1010/804	636/880	659/947
Соединения церия	1940/2630	2280/1880	2210/2170	2180/2530
Соединения других РЗМ	1450/14940	4800/14370	2070/11860	2760/15580
Ферроцерий, сплавы	2800/111	3720/105	4320/130	3900/140
Всего	7380/18811	11810/17159	9236/15040	9499/19197

*В 2000 году экспорт из страны РЗМ, их сплавов и соединений составил 9,6 тыс. т, а импорт – 28,8 тыс. т.

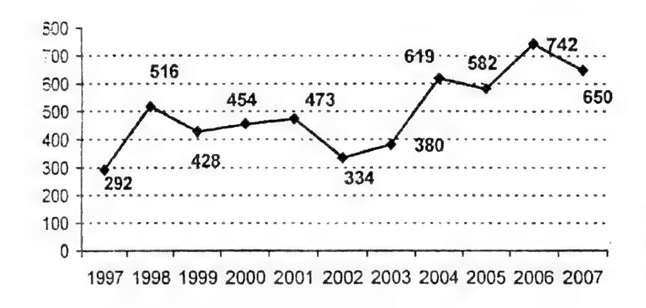


Рис. 3.1-1. Динамика потребления оксида иттрия в США, т

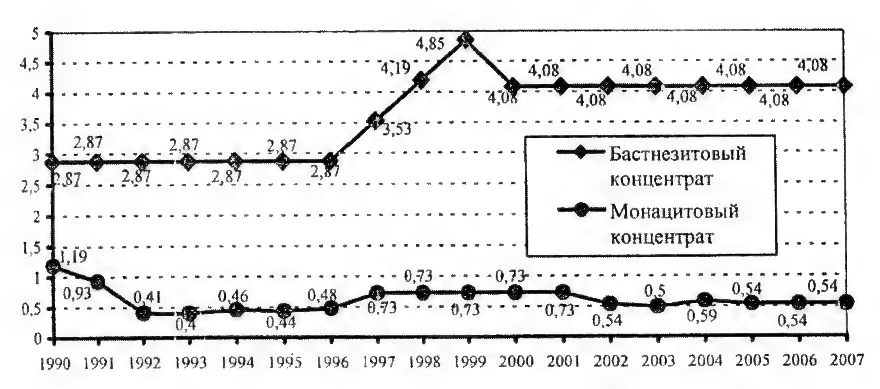


Рис. 3.1-2. Динамика цен на концентраты в США, долл./кг РЗО

2. Китай

В этой стране, мировому лидеру по общим и подтверждённым запасам РЗМ, выявлено около двухсот месторождений. Самое крупное из них – Баян Обо во Внутренней Монголии. Оно – полигенного типа с Fe-Nb-РЗ-минерализацией. Доломитовые карбонатиты содержат магнетит, гематит, эгирин, бастнезит, монацит, апатит, эшинит. Запасы РЗО оцениваются в 200 млн. т. На месторождении выявлено больше 30 редких и РЗ-минералов. Вмещающие породы – метаморфиты, метакластиты и мраморизованные известняки протерозойского возраста. Они слагают крупную ассиметричную синклинальную складку субширотного простирания, прорывающуюся варисскими биотитовыми гранитами.

Залежи Fe-джеспилитового типа связаны с доломитами. Возраст первично-осадочных железных руд около 1,5 млрд. лет, а гидротермально-метасоматических – около 250 млн. лет. Источник – гетерогенный: вмещающие породы и магматический очаг. Среднепротерозойский комплекс Баян Обо представляет флишоидную формацию,

сложенную кварцитами, сланцами, известняками и доломитами. Площадь рудного поля равна 90 км² (18 · 5). Редкоземельное и Nb-оруденение локализуются в доломитах, а железорудное – в джезпилитах, подвергшихся щелочному метасоматозу. На контакте с телами габбро-диоритов и гранитов развиты зоны ниобиевой и РЗ-минерализации. В составе рудоносной толщи выделено 9 типов руд – от массивных до вкрапленных. Минералогия в них существенно разнится. В рудах много флюорита – до 10%. Отношение TR_{Ce}/TR_{Y} изменяется от 10 до 100. С Nd-максимумом присутствуют фергюсонит – $NdNbO_4$ и эшинит – $NdTiNbO_6$. Из новых минералов выявлены баотит, хуанхит, бафертисит и др. В промышленном бастнезите из Баян Обо 70% РЗО, в том числе (от 100%): La – 27, Ce – 50, Pr – 5, Nd – 15, Sm – 1,1; Eu – 0,2; Gd – 0,4; Tb – 1,0; Y – 0,3.

Мировое потребление РЗМ, начиная с середины 1980-х годов, активно возрастает. Китай – в числе лидеров. В 1990 г. потребление РЗО в этой стране составило 9,0 тыс. т; в 2000 г. – 19,2; в 2004 г. – 33,4; в настоящее время – больше 100 тыс. т. Структура потребления меняется с годами. В 2004 г. она была следующей: магниты, NiMH-сплавы, люминофоры, автокатализаторы – 16,0 тыс. т; стёкла и керамика – 6,2; металлургия – 5,0; нефтехимия – 2,2; с/х и прочие – 4,0.

Около 30% РЗО получают в Китае из кор выветривания гранитов с разложившимся ксенотимом – YPO_4. Содержание РЗО в этом типе руд – 0,1–0,2%; в них – 90% оксида иттрия и лантаноидов его группы.

Правительство КНР инвестирует значительные средства в развитие РЗ-производства близ города Баотоу, в районе так называемой «Редкоземельной Долины» (Chinas Rare Earth Valley). В 2005 г. доля Китая в мировом производстве РЗ-концентратов составила больше 90% и РЗ-продуктов – 50–65% (соли, оксиды, сплавы, металлы, магниты, люминофоры, полирующие порошки и др.). В 1999 г. выпуск индивидуальных РЗМ равнялся 25 тыс. т, в 2003 г. – 40 тыс. т, в последующие годы продолжал увеличиваться. В 2006 г. суммарные мощности сепараторных заводов в Китае составляли 54,7 тыс. т РЗО в год.

В 1990 г. база запасов в стране равнялась 36 млн. т РЗО, в 2008 г. – 89 млн. т. Основная часть из них приходится на коренные руды; в меньшей мере – на ионные ксенотимовые и россыпные монацитовые. В 2005 г. добыча РЗ-руд достигла в Китае 118,7 тыс. т (96,7% их мирового производства). В 2009 г. она была равна 120 тыс. т, хотя

намечалось её сокращение до 86,5 тыс. т. Северный сектор добычи и переработки руд базируется на бастнезитовых месторождениях в пр. Вн. Монголия (Баотоу) и в пр. Сычуань; южный сектор — на месторождениях ионных руд в пр. Цзянси и Гуандун.

В 2003 г. Национальный комитет экономики и торговли страны в целях более равномерного развития отрасли провёл реорганизацию РЗ-индустрии — как добывающей, так и перерабатывающей. Официально были выделены две региональные группы, объединяющие компании северного и южного секторов. В северной группе — 10 крупных компаний. Лидером среди них является Bautou Steel. В южной группе — 7 перерабатывающих компаний, основная — Aluminium Corp. of China.

В настоящее время в связи с ужесточением экологического законодательства ряд мелких и средних предприятий закрылись, однако масштабы производства продолжают расти. КНР стала крупнейшим в мире поставщиком редких земель разной чистоты, а также многих видов изделий из области высоких технологий. На ряде предприятий используется гибкий технологический процесс. В зависимости от требований рынка он позволяет переходить с производства индивидуальных РЗМ на выпуск неразделённых. Распределяются и сепараторные мощности между отдельными предприятиями.

В целом, РЗ-отрасль в Китае имеет существенное преимущество в отношении природных ресурсов и объёма производственных мощностей. Тем не менее, в условиях жёсткой конкуренции перед страной стоит задача повышения рентабельности национальной промышленности. Для успешного соревнования с зарубежными производителями (США, Япония, Франция, Канада) КНР предусматривает значительную модернизацию своих заводов. В числе мероприятий значатся: обновление оборудования и внедрение современных технологий, улучшение структуры внешней торговли, форсированное создание брендов и улучшение экологической ситуации на добывающих предприятиях. Остаются важными консолидация РЗ-промышленности и оценка объёмов рынка при осуществлении инвестиций в расширение производственных мощностей. Задача — не допустить избытка определённых видов продукции.

Разработка многочисленных месторождений ионных руд в корах выветривания, а также коренных бастнезитовых породило слухи о неблагополучной экологической обстановке. Скорее всего, это был повод для ограничения добычи руд (в первую очередь, мелкими компаниями) и поднятия цен на производимую из них продукцию,

что вскоре и случилось. По прогнозу, уже в 2011 г. производство РЗО в Китае должно было стать равным с их внутренним потреблением – 125 тыс. т.

Политика этой страны в области развития производства и экспорта продукции весьма эффективна. В 70-е годы XX столетия Китай, в основном, экспортировал концентраты металлов, в 80-е годы – карбонаты и хлориды смешанных РЗМ. В начале 90-х годов экспорт составляли уже разделённые редкие земли (оксиды и металлы), в конце 90-х годов – переработанные РЗМ (люминофоры, магниты), а в 2000-е годы – изделия на основе РЗ-материалов (телевизоры, компьютеры и др.). КНР – единственная страна в мире, которая экспортирует все виды РЗ-продукции на мировой рынок – от сырья до изделий высокого класса. Став монополистом в области РЗ-металлов, Китай начал ужесточать свою экспортную политику. Ещё в 2002 г. прозвучало заявление, что запасы РЗ-сырья конечны, а внутренние потребности в РЗМ и технологиях растут быстрыми темпами. Прежний намёк стал приобретать форму ограничения экспорта. Предлог – лучше управлять природными ресурсами, одновременно поддерживая свои отрасли РЗ-промышленности.

С 2003 г. Китай резко снижает долю экспорта РЗО в концентратах, увеличивает мощности по выпуску отдельных РЗМ и производству более дорогих изделий на их основе. В 2006 г. сокращаются на 10% лицензии на экспорт РЗМ из страны, а осенью этого же года, по сравнению с весной, стоимость лицензий увеличивается на 30–60%. С 1-го июня 2007 г., в дополнение к экспортным пошлинам на оксиды, вводятся 10%-е пошлины на металлы и увеличивается стоимость экспортных лицензий. С 1-го января 2008 г. следует новое увеличение экспортных пошлин на 15–25%.

17-го марта 2010 г. Министерство земельных ресурсов Китая объявило о введении жёстких квот на добычу РЗ-руд на период 2010–2011 гг. В 2007 г. квота составляла 120 тыс. т руды; в 2010 г. – 89,2 тыс. т. В августе 2010 г. – новое объявление: добыча руд будет снижена на 72%; резко сократится и экспорт РЗ-продукции.

Динамика роста цен на металлический неодим убедительно подтверждает жёсткую политику Китая. В январе 2003 г. 1 кг этого металла стоил 6,6 долларов; в июле 2005 г. – 9,9; в августе 2006 г. – 23,5; в июне 2007 г. – 38,5; в мае 2008 г. – 41–42,5; в мае 2010 г. – 45,0; в августе этого же года – 70,0; а в январе 2011 г. – 100 долларов.

В 2010 г. Китай на 85% обеспечил мировое производство постоянных магнитов. По мнению экспертов, для КНР типична стра-

тегия захвата рынка за счёт демпинга, а затем – подъём цен в разы для потребителей. Суммарная производственная мощность предприятий в стране составляет 200 тыс. т РЗО в год. Система ежегодных квот на выпуск РЗ-металлов, по мнению экономистов Китая, будет способствовать их устойчивому экспорту, в том числе – в различных промышленных изделиях. В 2007 г. на совещании в г. Баотоу отмечено: планирование производства РЗМ изменится – вместо гибкого, зависящего от рынка, оно станет строго определённым, принудительным.

Из 32-х тыс. т РЗМ, отправленных Китаем за 9 месяцев 2010 г. на зарубежные рынки, Япония импортировала 16 тыс. т, США – 6,2 тыс. т и Россия – 49 т. Стоимость продукции до недавнего времени была очень низкой. 92–94% мировых поставок приходилось на эту страну. Осознав опасность истощения запасов и относительно малую прибыль от экспорта концентратов и продуктов с РЗМ, а также ухудшение экологической ситуации, Китай объявил о необходимости постепенного сокращения экспорта и, в конечном итоге, его закрытие. По данным статистики, к 2020 г. только 6 из 45 основных полезных ископаемых будут добываться в стране в достаточных количествах.

Угрозы КНР в части РЗМ в период 2009–2010 гг. свелись к временному сокращению экспорта и резкому повышению цен на РЗ-продукцию. Но этого было достаточно для паники в ряде стран Запада и спешного перевода в Китай некоторыми крупными компаниями своих производств. Тревога улеглась, когда КНР обнародовала свои планы на 2010 г. Оказалось, что и производство, и разрешённый экспорт выше, чем в 2009 году. Но интрига была продолжена официальным сообщением (2010 г.), что до середины 2011 г. будет прекращена выдача новых лицензий на ГРР и добычу РЗМ, за исключением месторождений, финансируемых правительством. Планы руководителей страны поставить под контроль все компании, занятые добычей РЗ-металлов, начали реализовываться. 21-го сентября 2010 г. Китай приостановил экспорт в Японию, а с 18-го октября – в США и ЕС. С 28-го сентября 2010 г. экспорт возобновился. Более новыми данными мы не располагаем.

Кроме Японии и США, крупными импортёрами РЗ-продукции Китая, являются Франция, Бельгия, Индия. По данным USGS, в 2005 г. добыча редких земель в Китае составила 118,7 тыс. т (96,7% их мирового производства), а в 2009 г. – 120 тыс. т, хотя намечалось её сокращение до 86,5 тыс. т. Согласно прогнозам Industrial Minerals,

объём производства РЗМ в мире к 2015 году увеличится до 225 тыс. т. Предложение церия составит 40%, лантана – 27%, неодима – 16%; других лантаноидов и иттрия – менее 10%. Объём спроса увеличится до 197 тыс. т. Ожидается небольшой дефицит в объёме 200 т по иттрию, 400 т – по неодиму, 500 т – по самарию, 25 т – по эрбию и 105 т – по тербию.

3. Япония

Япония – высокоразвитая индустриально-аграрная страна. По объёму промышленного производства она занимает ведущее положение в мире, несмотря на практически полное отсутствие рудного сырья, включая редкие и РЗ-металлы. На мировой рынок Япония поставляет продукцию наукоёмких отраслей промышленности и современные конструкционные материалы. Высоко развиты в стране металлургия, машиностроение, химическая промышленность, лёгкая и другие.

На примере РЗМ мы покажем, каких успехов может добиться страна при умных руководителях и трудолюбивом народе. Япония – основной потребитель и импортёр РЗМ в мире. Производит большой набор изделий, используя РЗМ в форме металлов и их соединений. Кроме этого, является крупным производителем оборудования для выпуска постоянных магнитов на основе РЗМ.

В 1966 г. в одной из лабораторий США (US Air Force Materials) были обнаружены особые магнитные свойства сплавов $SmCo_5$ и Sm_2Co_{17}. Через 4 года на их основе началось коммерческое производство и внедрение постоянных магнитов с малыми габаритами, мощных и стабильных, во многие отрасли промышленности.

В 1984 г. был открыт лучший на сегодня состав для постоянных магнитов – $Nd_2Fe_{14}B$. Это сделали практически одновременно в Японии (Masato Sagawa) и в США (в компании General Motors), но с разными технологиями получения. По данным Yang LUO, собственно американское производство магнитов с неодимом прекратилось в США в 2003 г. В Японии оно успешно продолжается. Все основные лицензии и патенты по техническому получению таких магнитов принадлежат в настоящее время компании Hitachi Metals. В 1998 г. в стране было произведено чистых РЗМ и их соединений 4728 т, в 2000 г. – 5625, в 2004 г. – 6015 и в 2005 г. – 6424 т. Основная часть сырья по импорту поступает из Китая.

В период с 1990 г. по 2005 г. шло резкое повышение экспортной РЗ-продукции: соединений церия – с 648 т до 5136 т, а соединений

других РЗМ – с 154 т до 2047 т. Восхищает быстрое увеличение выпуска необходимой продукции, к тому же – с добавленной стоимостью. В период 2001–2005 г. она повысилась в три раза – с 5,1 до 15,5 млрд. иен, как за счёт объёмов, так и подорожания ряда материалов. В 2006 г. объём японского импорта из Китая составил 25884 т РЗО. Спрос на РЗО в Японии, тыс. т, показан ниже в табл. 3.3-1.

Таблица 3.3-1

Ln	2004	2005	2006	Ln	2004	2005	2006
La	1000	1100	1800	Eu	14	14	15
Ce	5700	5900	8200	Y	500	500	500
Nd	2700	4000	5000	Миш.	1700	1900	2800
Sm	100	100	120	Прочие	350	370	420
Всего	9500	11100	15120	Всего	2564	2784	3735

Мировое потребление редких земель в 1999 г. составляло 74–79 тыс. т, а в 2006 г. достигло 105 тыс. т. Региональная структура потребления в 2003 г. была следующей, тыс. т: КНР – 25–29; Япония (включая зарубежные заводы своих компаний) – 19–23; США – 17–20; Европа – 10–12; ЮВА – 4,5–5,0; прочие регионы – 4,5–5,0.

Если в 70-е годы XX века рынок составляли неразделённые РЗЭ, то в 80-е и последующие годы интерес начал расти к раздельным редким землям (в основном за счёт новых сфер потребления). Наиболее востребованными сейчас являются Nd, Pr, Tb и Dy вследствие расширения производства гибридных электромобилей.

Основные области потребления РЗМ в Японии: производство магнитных материалов, NiMH-аккумуляторных батарей, флуоресцентных материалов, жёстких дисков компьютеров, твёрдых электролитов, керамических конденсаторов, полирующих порошков, оптических стёкол и линз, люминофоров и др. Спрос на редкие земли в 1999 г. составил 11005 т, а в 2006 г. – 18855 т. Значительный рост потребления La связан с производством оптического стекла и керамических конденсаторов, а Ce – с производством абразивов для жидкокристаллических дисплеев, полупроводников и стойкого к ультрафиолетовому облучению стекла. Значительная доля Nd из 5000 т ушла на изготовление магнитов.

По данным на апрель 2007 г., Hitachi Metals подписала лицензионные соглашения со многими компаниями-производителями спечённых магнитов, как внутри Японии, так и в других странах (Китай, Англия, Германия, Финляндия). В период с 2000 г. по 2003 г.

доля Японии в мировом производстве неодим-железо-боровых магнитов снизилось по количеству с 47 до 19% и по стоимости – с 60 до 34%. Китай впервые опередил Японию по выпуску таких магнитов. Тем не менее цифры впечатляют: в 2003 г. в Японии было произведено 5506 т РЗ-спечённых магнитов, в 2004 г. – 7900 т, в 2005 г. – около 8–9 тыс. т. К 2010 г. Shinetsu Chemical прогнозировала выпуск на уровне 10210 т. Спрос на магниты $Nd_2Fe_{14}B$ расширяется за счёт использования их в моторах для ветровых генераторов и гибридных электромобилей.

Основные технологии получения магнитотвёрдых РЗ-материалов и необходимое оборудование для их производства мы не рассматриваем. Укажем лишь, что Генеральный директор Intermetallics Co. Masato Sagawa, открывший интерметаллид $Nd_2Fe_{14}B$, разрабатывает (или уже разработал) автоматизированную установку для получения РЗ-высокоэнергетических спечённых магнитов. По данным печати за декабрь 2007 г., успешно завершилась разработка установки для RIP-процесса (изостатическое прессование в резиновой втулке), в которой ориентирующее магнитное поле может достигать величины 7 единиц магнитной индукции (7 Тл).

Одной из сфер потребления РЗМ является производство люминофоров и стекла. Это – крупнейший рынок в мире для Y, Eu и Tb. Соединения этих элементов прошли эволюцию от простых РЗ до комплексных соединений (соосаждённые Y-Eu, LaP и др.). Они используются в телевизорах, мониторах компьютеров, компактных лампах. Добавка La, например, позволяет увеличить коэффициент преломления и уменьшить степень рассеивания стекла с дальнейшим применением его в теле-, фото- и кинокамерах. Се, входящий в стекло, обеспечивает поглощение ультрафиолетовых лучей, а неодимовое стекло – подходящий материал для лазерной техники. Переведя значительную часть своих предприятий по выпуску люминофоров для электронно-лучевых трубок в Китай, страна потеряла лидерство в этой области (в 2004 г. Япония использовала 80–100 т La_2O_3, тогда как Китай – 4240 т).

Важным рынком сбыта РЗ является производство промышленной электротехнической и электронной керамики (диэлектрические резонаторы, керамические фильтры, многослойные конденсаторы и др.). Широкое применение РЗ ожидается в производстве твёрдых оксидных топливных элементов.

В аккумуляторных батареях типа NiMH используется много мишметалла (в основном сплав Се, La и Nd, других РЗЭ – 8–10%,

Fe – до 10% и Si – 0,1–0,3%). Такие батареи важны для производства некоторых видов сотовых телефонов и портативных персональных компьютеров. NiMH-батареи – важные изделия с точки зрения объёмной плотности энергии. Они, вероятно, найдут широкое применение в гибридных автомобилях ближайшего будущего. Спрос на никель-металл-гидридные сплавы в Японии по прогнозу на 2010 г. оценивался на уровне 10 тыс. т с потреблением РЗМ 4 тыс. т (в 2006 г. соответствующие цифры 5750 и 2300 т, а в 2007 г. – 6600 и 2650 т).

Мы уделили большое внимание рынку сбыта РЗ-продукции в Японии. Эта страна была и остаётся в числе лидеров по производству и применению широкого спектра РЗМ в научных и промышленных изделиях. Одновременно подчеркнём высокий уровень развития науки в Японии и важности хорошо отлаженного механизма по внедрению научных разработок в промышленность с быстрым выходом на рынки сбыта изделий отличного качества.

До 1995 г. японские компании ввозили неразделённое РЗ-сырьё. Позже они перешли на импорт индивидуальных материалов, требующих рафинирования. В 2005 г. ввоз составил 31106 т на сумму 24,4 млрд. иен. О шагах Китая по ограничению экспорта говорилось выше. В 2005 г. импорт оксида Ce составил 6147 т, а соединений Ce – 7216 т. Повысился спрос на абразивы для обработки стекла и пластин – были увеличены инвестиции в производство жидкокристаллических дисплеев и полупроводниковых кремниевых пластин. Импорт оксида La составил 1801 т (в основном для производства конденсаторов). В целом, японский импорт РЗ-продукции из Китая составил в 2005 г. 88%.

4. Страны Европы

Европейские государства в числе крупных потребителей РЗМ, а также разработчиков многих технологических вопросов и необходимого оборудования для обогащения сырья и его переработки. Сырьё и отдельные РЗ-продукты импортируются в основном из Китая. Высокий научный потенциал стран позволяет им успешно конкурировать на мировом рынке по многим вопросам обогащения сырья, по необходимому для этого оборудованию и применению РЗМ в разных областях промышленности. Можно назвать производство постоянных магнитов, компьютерной техники, стекла и специальной оптики, полирующих порошков, люминофоров и др. За последнее десятилетие наметился рост по-

требления РЗМ в производстве автомобильных катализаторов. Страны Европы шагают в ногу с потребителями РЗМ в Китае, Японии, США. В ближайшие годы не ожидается спада на рынке РЗМ – чистых и в соединениях: для производства магнитов, NiMH-батарей, добавок к стеклу и металлургическим сплавам. Продолжается разработка наукоёмких материалов; идёт также поиск новых сфер их потребления.

В 1999–2003 годах структура потребления РЗ-материалов была следующей (в объёме 10–12 тыс. т): катализаторы – 5,1 тыс. т; стекольная промышленность – 3,6; люминофоры – 0,5; керамика – 0,3; металлургия – 0,2; постоянные магниты – 1,0; прочие сферы – не больше 0,5–1,0. В 2005 г. потребление РЗМ было на уровне 12–15 тыс. т.

В 1996 г. доля европейских стран в мировом объёме выпуска спечённых магнитов $Nd_2Fe_{14}B$ составила 9%, США – 11, Япония – 38 и Китай – 42; в 2006 г. доля Европы упала до 2%, в Японии – до 20, а в Китае выросла до 78%.

Динамика импорта РЗМ в европейские страны за 1990–2000 годы была следующей (соединения РЗЭ/металлы и сплавы): 1990 г. – 4000/449; 1998 г. – 24000/1920; 2000 г. – 26700/2300. В 2000 г. доля Китая в суммарном импорте соединений РЗЭ составила 81%, а металлов и сплавов – почти 100%.

Франция – самый крупный импортёр в Европе; фирма Rhodia Electronics and Catalysis на 70–80% своих потребностей в сырьевых материалах удовлетворяет за счёт поставок из Китая. Эта фирма осуществляет разделение и рафинирование редких земель, а также выпускает много товаров с добавками РЗМ. В 2002–2003 годах этой фирме принадлежало до 35% мирового рынка разделённых редких земель. Кроме Франции (город Ля-Рошель) она имеет перерабатывающие заводы в США, Японии и Китае. Разработанные фирмой красно-оранжевые неорганические пигменты на основе сульфида церия широко применяются в производстве пластиков. Они оказались идеальными заменителями соединений кадмия и свинца, к тому же обладают лучшими характеристиками.

Доля Франции в мировом производстве РЗ-продуктов была в 2005 г. на уровне 15–30%: индивидуальные РЗМ, используемые в люминофорах, полирующих порошках, автокатализаторах, NiMH-сплавах и др.

В Австрии находится компания TAU – один из основных и старейших европейских продуцентов РЗМ и их оксидов. Она про-

изводит разделённые РЗМ, сплавы для хранения водорода, мишметалл и пирофорные сплавы, ряд РЗО и химических соединений для специальных стёкол, катализаторов, электроники и керамики. Компания TAU владеет 25% акций в AS Silmet в Эстонии, где производится около 3 тыс. т/год РЗ-продуктов и 700 т/год металлов. Эстония вывозит в среднем 1–2 тыс. т РЗ-продукции, в том числе в Японию и США. Silmet Grup, владеющая предприятием в Силламяэ, надеется повысить свою долю на мировом рынке РЗМ до 5%.

Выпуск спечённых магнитов в Европе за период 1996–2007 годы увеличился с 510 до 1200 т. Наиболее крупные производства находятся в Германии и во Франции. Технологическая схема немецкой фирмы VAC изготовления магнитов включает следующие операции: выплавка сплава – измельчение, помол – текстурирование – прессование – спекание и отжиг – поверхностная обработка и нанесение покрытия, намагничивания. Магнитные системы $Nd_2Fe_{14}B$ выпускаются с 1986 г. Все операции от помола до нанесения защитных покрытий производятся в вакууме, чем достигаются оптимальные свойства готового продукта. Параллельно с порошковой технологией производства спечённых магнитов фирма VAC выпускает небольшие партии постоянных магнитов по методу быстрой закалки.

Значительная часть фирм в Европе, заинтересованных в РЗ, удовлетворяет потребности за счёт собственного производства.

В заключение укажем, что спечённые магниты хороши, но дороги. Магнитопласты слабее по магнитности, зато дешевле, пластичнее и легко обрабатываются. Для удержания частиц магнитного сплава в их производстве используется полимерный наполнитель.

5. Канада и другие страны

В 2005 году на Канаду приходилось 10–12% от мирового производства РЗМ-продуктов. Компания AMR Technologies в числе ведущих конечных производителей их. Она финансирует также разнообразные научно-исследовательские программы по развитию специальных материалов. Особый интерес с наноразмерами, а также с точными эксплуатационными характеристиками и допусками для применения в электронике, химических и автомобильных катализаторах.

В Индии добычу РЗ-сырья ведут две государственные компании. Правительство страны не разрешает экспорт монацита из-за его радиоактивности. Такой концентрат перерабатывается с получением РЗ-хлоридов (на их основе – других продуктов) и гидроксида тория.

В Индии, Малайзии, Таиланде, Шри-Ланке, ЮАР, Бразилии и частично в Австралии запасы монацита, в меньшей мере ксенотима, сосредоточены в ильменит-рутил-цирконовых россыпях. В связи с прогнозируемым дефицитом Ti-минералов и циркона в мире усиливаются поиски таких месторождений. Кроме названных стран ими заняты Кения, Гамбия, Мозамбик, Сенегал и др.

Монацит из месторождения Маунт-Уэлд в Австралии содержит мало фтора и тория, что позволяет его экспортировать. Роль этого минерала уже в ближайшем будущем может возрасти как наиболее низкостоимостного РЗ-сырья. Мы полагаем, что России, наряду с использованием своего сырья (с очень низким содержанием РЗО), стоит закупать монацит в Австралии и наладить его переработку в больших масштабах. Более чем 50-летнее хранение радиоактивного монацита в Красноуфимске – пример безграмотного отношения к такому сырью, дефицитному в нашей стране. Хорошо, если в современных условиях развития промышленности в России дело дойдёт до его переработки.

За последнее десятилетие в мире накоплены большие складские запасы монацита. Из этого можно сделать вывод, что цена на его концентраты не может быть высокой. На рис. 3.1-2 показана динамика цен на бастнезитовый и монацитовый концентраты за 1999–2007 годы в США.

***

В заключение главы 3 приводим структуру мирового потребления РЗМ по странам (табл. 3.5-1) и рынок РЗМ (табл. 3.5-2); на рис. 3.5-1 показаны области применения РЗМ, на рис. 3.5-2 – рост потребления РЗМ в мире, на рис. 3.5-3 – динамика быстрого роста цен на неодим, на рис. 3.5-4 – выпуск спечённых магнитов и на рис. 3.5-5 – цены на РЗМ по данным на январь 2011 г. Для наглядности добавлены: рис. 3.5-6 – рост потребления РЗМ в мире; рис. 3.5-7 – структура производства и потребления РЗМ в мире; рис. 3.5-8 – потребности в РЗМ атомной промышленности.

Таблица 3.5-1

Структура мирового потребления РЗМ, тыс. т
(по данным канадской компании «Avalon Rare Metals Inc» на 2008 г.)

Области применения	Китай	Япония и СВ Азия	США	Другие страны	Всего
Катализаторы	7,0	2,0	12,5	1,5	23,0
Стекло	8,0	2,0	1,0	1,5	12,5
Полировальные пасты	8,0	4,5	1,0	1,5	15,0
Металлические сплавы	16,0	4,5	1,25	1,0	22,5
Магниты	21,0	3,5	0,75	1,0	26,5
Люминофоры	5,5	2,5	0,50	0,50	9,0
Керамика	2,5	2,5	1,25	0,75	7,0
Прочие	6,0	2,0	0,25	0,25	8,5
Всего	74,0	23,5	18,50	8,0	124,0

Таблица 3.5-2

Рынок РЗМ (по материалам ИМГРЭ, 2011 г.)

Показатели	Мир (без России)	Китай
Запасы РЗО, млн. т	160	89
Производство РЗО в концентратах, тыс. т	126	120
Химико-металлург. производство	Вне Китая Франция – 15–20% Япония – 10–15% США – 5–10% Канада – ок. 5%	50–65%
Потребление РЗО, тыс. т	136 в т.ч. Япония – 19–20 США – 10–12 Страны ЕС – 10–15 Темпы роста мирового потребления 8–9%/год	75 (55% от мирового)
Прогноз потребностей с учётом Китая, тыс. т	190 РЗО, в т.ч. 120 разделённых (прогноз заруб. экспертов на 2014 г.)	
Проблемы	Ситуация на мировом рынке определяется политикой Китая. Нехватка сырья в ближайшие годы оценивается в 40–50 тыс. т РЗО	Монополист в добыче и производстве РЗМ. В 2010 г. Китай резко ограничил поставки сырья на мировой рынок

Структура мирового потребления РЗМ, %

Уровни производства и потребления РЗМ в промышленно развитых странах мира служат четкими индикаторами экономического развития и национальной безопасности.

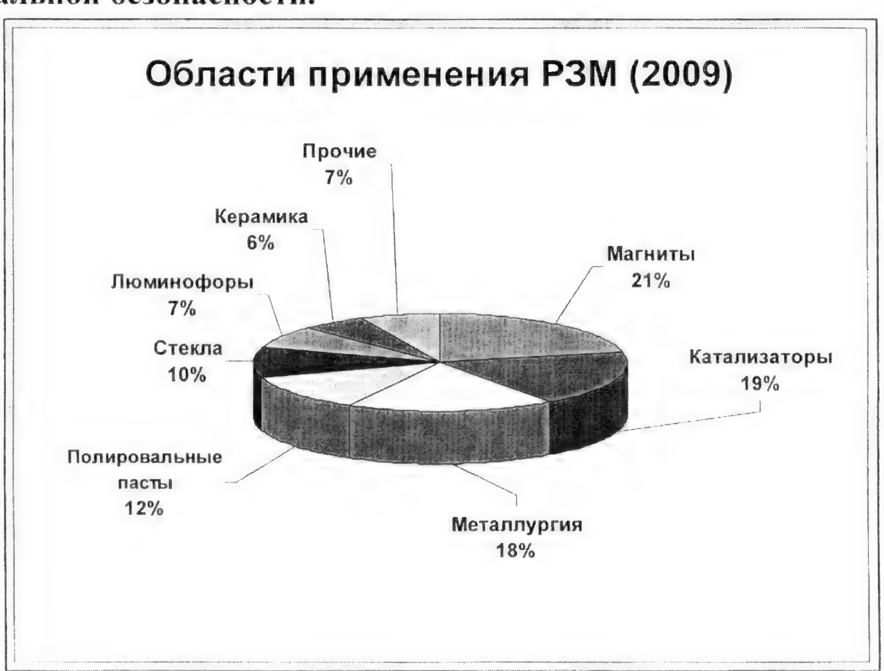


Рис. 3.5-1

Рост потребления редкоземельных металлов в мире

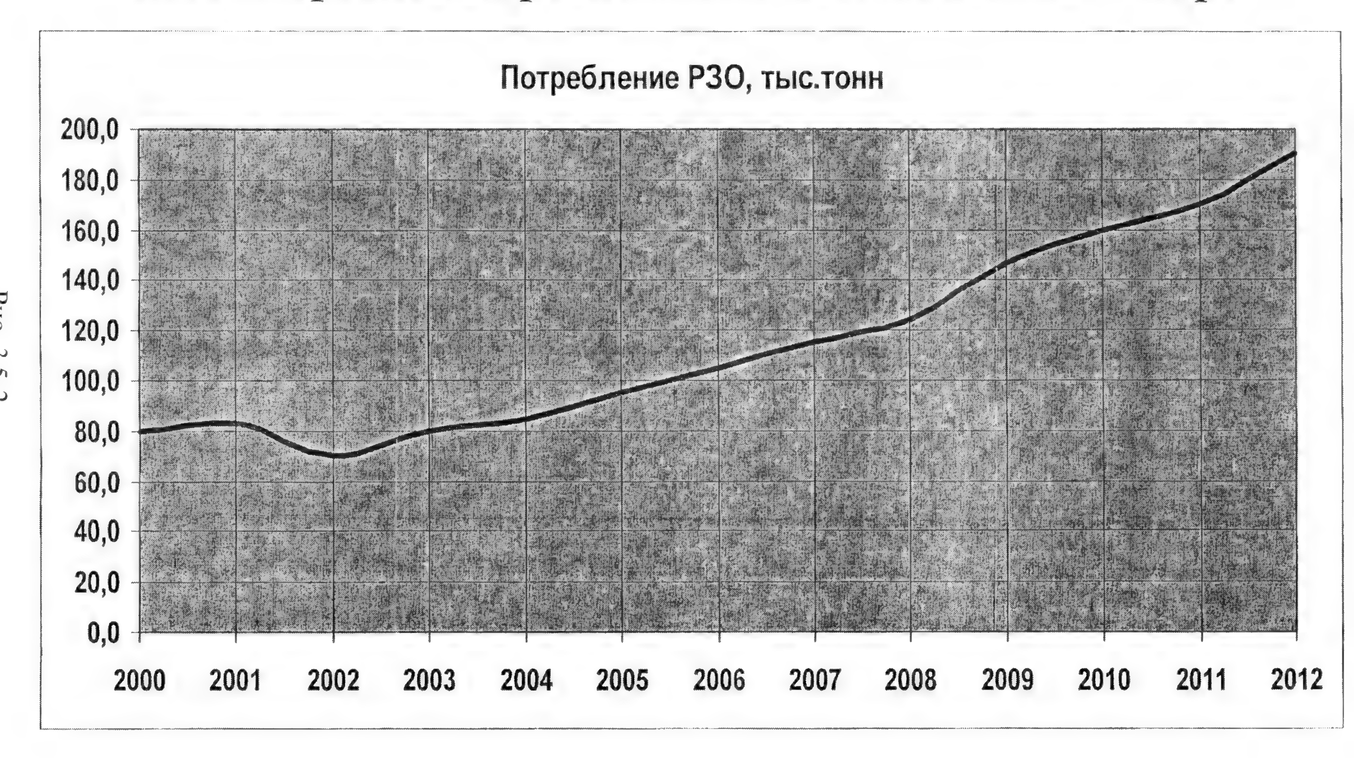
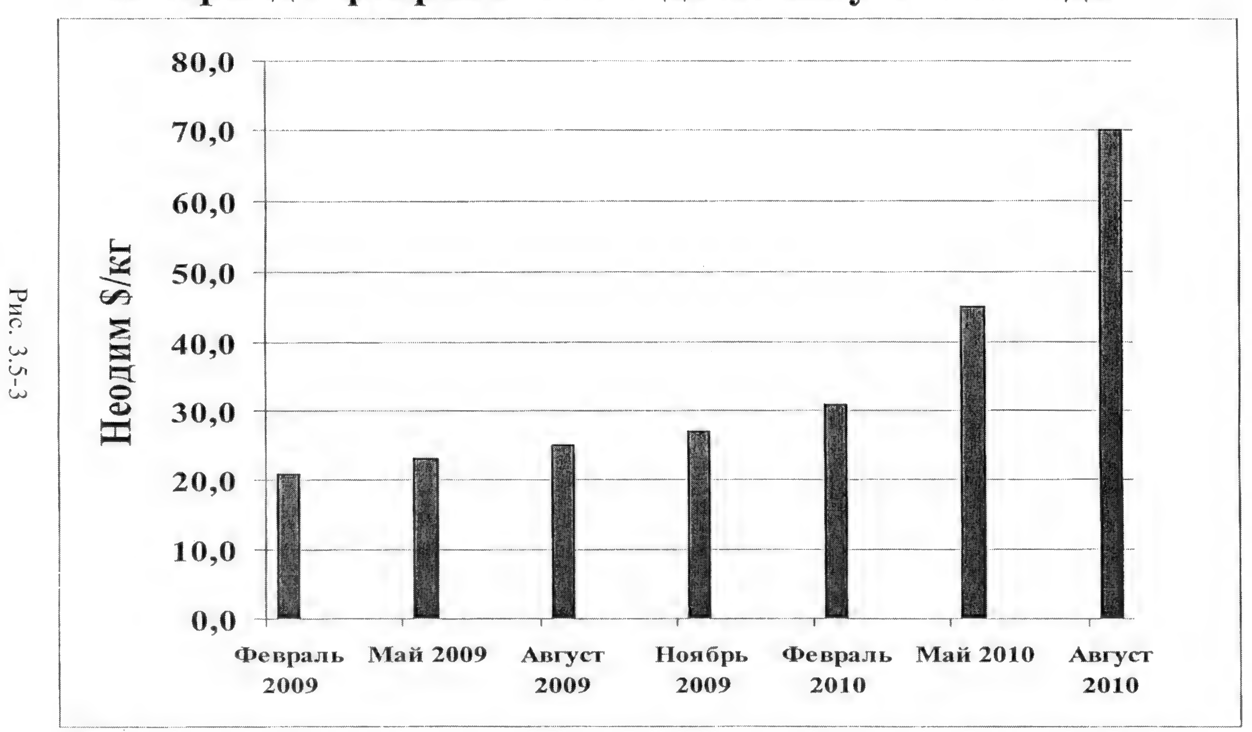


Рис. 3.5-2

Динамика роста цены 1 кг металлического неодима за период с февраля 2009 года по август 2010 года



За шесть месяцев этого года цена выросла более, чем в два раза!

Рис. 3.5-3

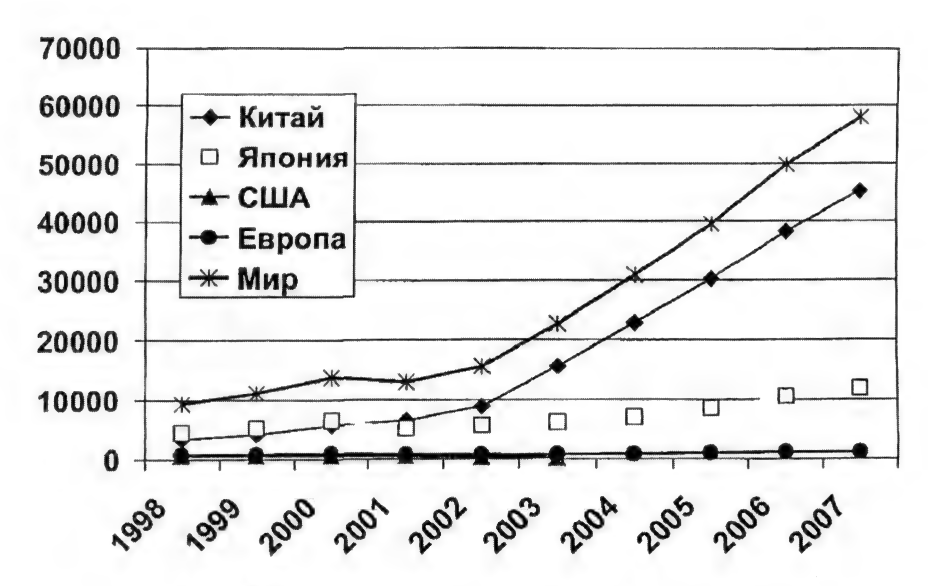


Рис. 3.5-4. Выпуск спечённых магнитов $Nd_2Fe_{14}B$ в мире, т

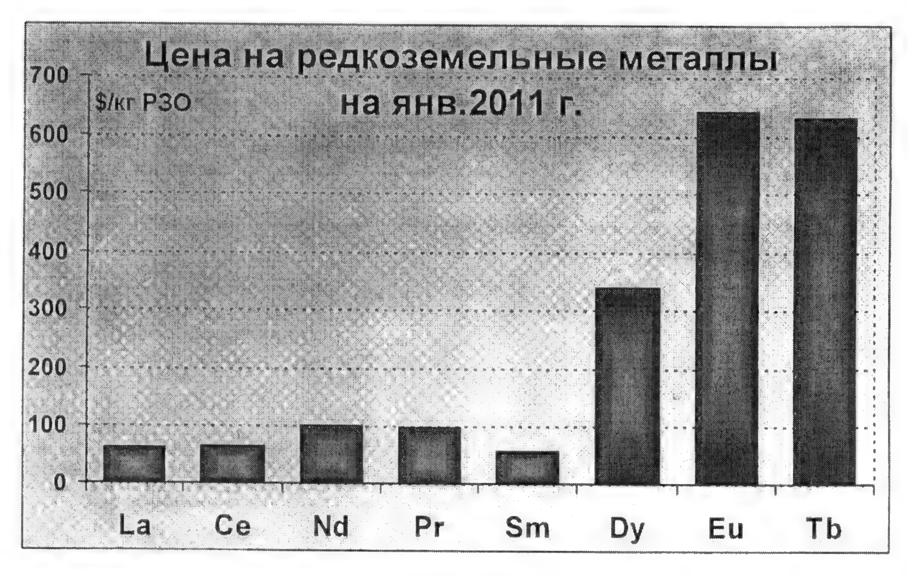


Рис. 3.5-5

Рост потребления редкоземельных металлов в мире

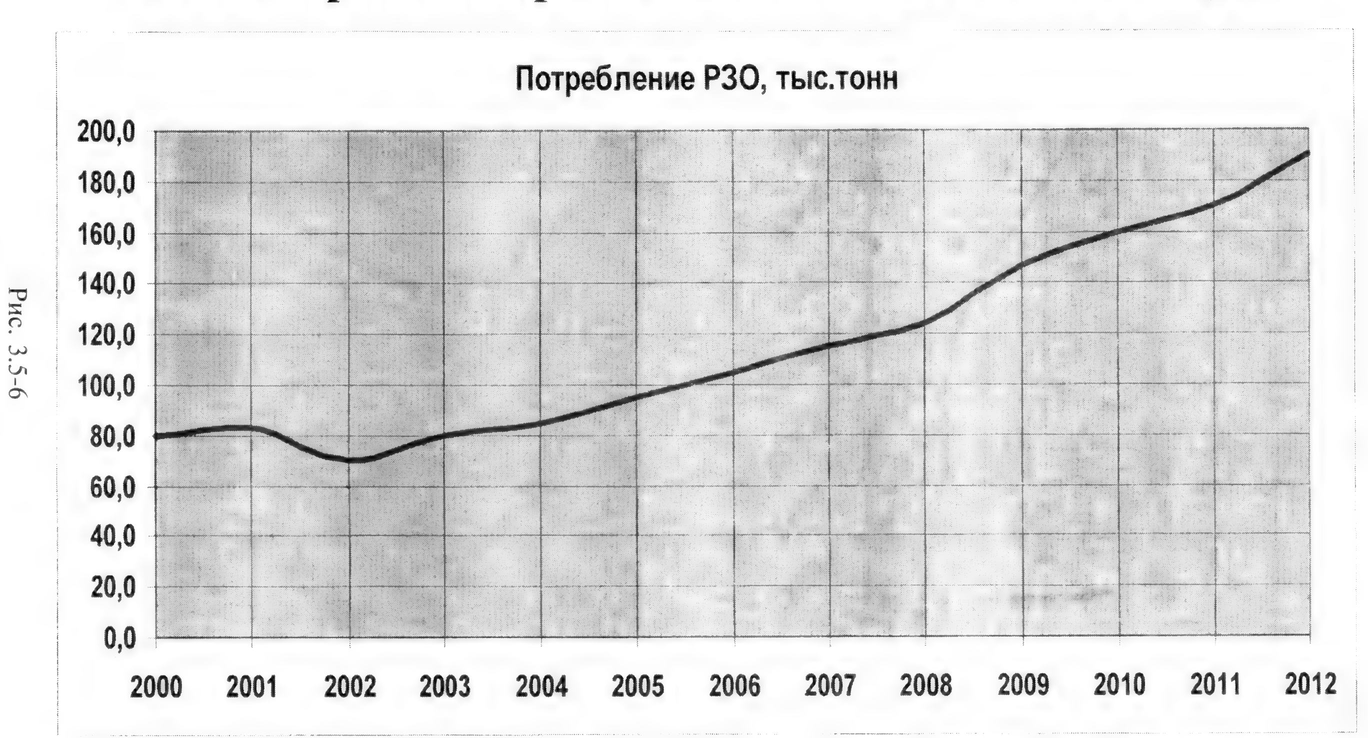


Рис. 3.5-б

Структура производства и потребления РЗМ в мире

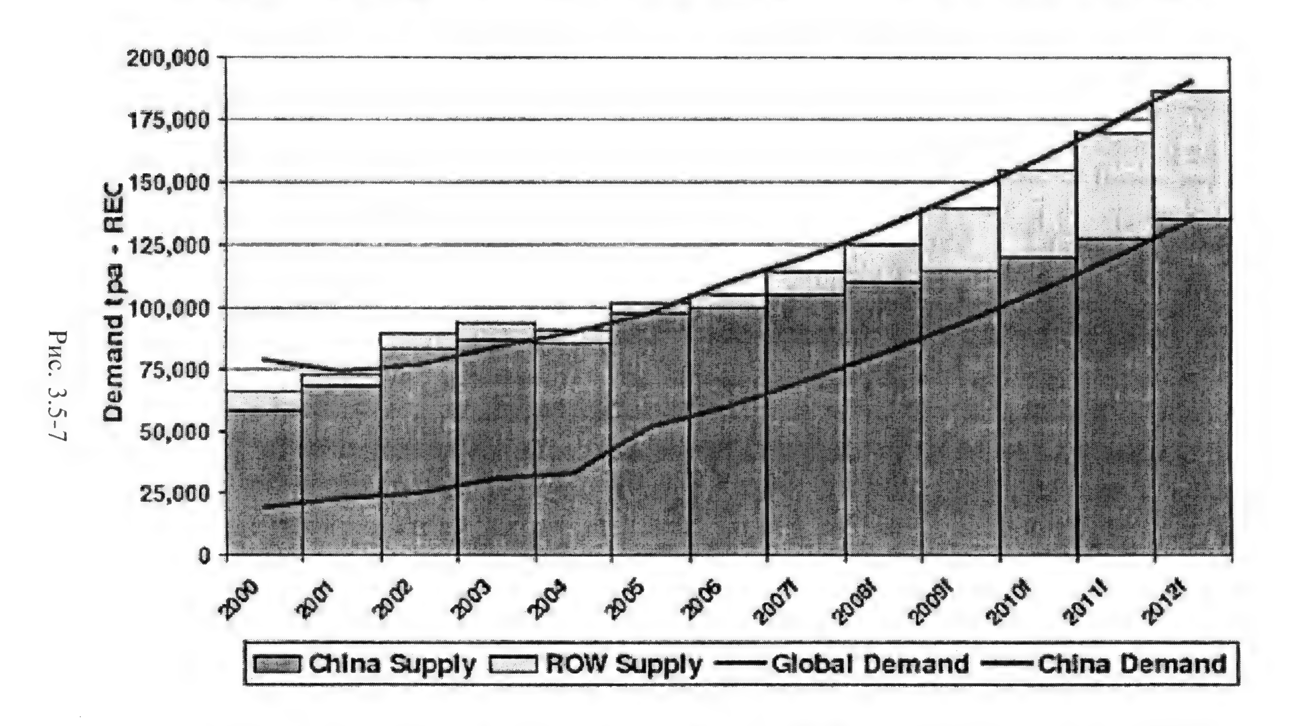


Рис. 3.5-7

К 2012 году производство РЗМ в Китае сравняется с их внутренним потреблением

Потребности в РЗМ атомной промышленности

- Оксиды Gd и Er применяются в качестве выгорающих добавок в оксидном урановом топливе реакторов ВВЭР и РБМК. Введение 0,4-0,6% оксида Er допускает повышение степени обогащения урана с 2 до 2,4-2,6 %.
- В результате годовой экономический эффект только на 1 блоке РБМК-1500 составляет 22 млн.$ США.
- Оксид Dy используется как основной компонент ПЭЛ ПС СУЗ – в настоящее время в форме титаната диспрозия, и перспективного нового материала – гафната диспрозия.

Потребность в РЗМ атомной энергетики России до 2050 г.

РЗМ	2010	2010-2019	2020	2020-2029	2030	2030-2039	2040-2050	ВСЕГО тонн
Гадолиний	1	10	3	24	4	40	50	146
Эрбий	2	20	3	28	3	32	40	140
Диспрозий	2	20	3	28	3	32	40	140

Рис. 3.5-8

Глава IV. РЗ-промышленность в СССР и отдельно в России

По данным В.Д. Косынкина и В.А. Глебова (2010), в 1990 г. в СССР было произведено 8,5 тыс. т РЗО; 5,5 из этого количества приходится на Минатом и 3,0 – на Минцветмет. 6,0–6,5 тыс. т шло на внутренний рынок и около 1,5 продавалось за рубеж.

1500 т получали на Московском заводе полиметаллов (МЗП); исходным сырьём были урансодержащие фосфориты из месторождения (м-ния) «Меловое» в Казахстане (Прикаспийский ГМК). Уран отделяли на Украине в г. Днепродзержинске.

4000 т РЗО Се-группы получали из лопарита Кольского п-ва на заводе «Силмет» в г. Силламяэ (Эстония); дополнительно – бескремниевые лигатуры на основе РЗМ. Из этого же сырья на Соликамском магниевом заводе (СМЗ) шло выделение сплава хлоридов РЗМ с дальнейшей их переработкой на Пышминском химико-металлургическом заводе (ОХМЗ) и Иртышском – в Казахстане (ИХМЗ). Общий объём РЗО на двух предприятиях был равен 2,5 тыс. т.

Только киргизское предприятие в п. Орловка, перерабатывая иттросинхизит из м-ния Кутесай II, имело полный цикл производства (1500 т/год РЗО), в том числе – индивидуальных РЗМ.

В г. Днепродзержинске из казахстанского сырья извлекались РЗМ Се-группы в виде смеси для нефтехимии, а концентрат РЗМ Y-группы поступал на МЗП; этот же завод был основным производителем магнитов с добавлением Sm-Co.

Различные соли РЗМ в небольшом объёме производились в г. Новосибирске на заводе редких металлов.

Из указанного количества 8,5 тыс. т РЗО 17% шло на производство катализаторов крекинга нефти, 26% – в металлургию (лигатуры, сплавы, магниты), 30% – в производство стекла и керамики, 13% – в электронику и 14% – на экспорт.

Итак, в СССР были три сырьевых источника РЗМ: Ловозерское м-ние лопаритовых руд в Мурманской области (75–80% добычи), Кутесай II – в Киргизии с ксенотимом и иттросинхизитовыми рудами (около 5%) и урановое м-ние «Меловое» в Западном Казахстане (около 15–20%, костный детрит).

С распадом СССР производство РЗМ в России резко сократилось. В известной мере этому способствовала и конверсия ВПК; оборонная промышленность в СССР была в числе значительных потребителей РЗМ. МЗП и ОХМЗ прекратили выпуск РЗМ, не имея надёжной сырьевой базы. ИХМЗ, импортируя сырьё из Китая, стал производить в основном мишметалл (сплав Ce, La и Nd для раскисления стали, чугуна и сплавов цветных металлов). Киргизский ГМК после длительного простоя (с 2001 г.) по причине нерентабельности был продан в 2009 году Канадской фирме. «Это – вопиющий пример недальновидности российских властей и нерасторопности отечественного бизнеса», – пишет Е.А. Козловский (2011), вице-президент РАЕН.

В настоящее время ЗАО «Ловозерская горно-обогатительная компания» (ранее – АО «Севредмет») извлекает из товарного сырья по флотационной схеме около 10–12 тыс. т лопаритового концентрата. Как и раньше, направляет его на СМЗ, а оттуда, в виде дезактивированных карбонатов РЗМ они поступают на «Силмет», где их разделяют на индивидуальные металлы. Третье предприятие, имеющее отношение к РЗ-продукции России, это Чепецкий механический завод (ЧМЗ). На нём производятся полириты из ловозерского сырья, после переработки его на СМЗ. Подробных сведений об этих двух заводах и их продукции у нас нет. В целом нет данных и о том, сколько же в нашей стране потребляется РЗО с учётом импорта. Ориентировочно называются 1–2 тыс. тонн.

Ниже приведём несколько дат в истории СМЗ, которые связаны с нашей тематикой. 1971 год – вступил в строй цех РМ-производства; начато хлорирование уникального сырья с получением РЗ-продукции. 1994 год – разработана технология получения карбонатов РЗЭ. 1995 год – в РМ-производстве принят в эксплуатацию участок переработки плава хлоридов РЗЭ. 2002 год – вновь создаётся производство карбонатов на заводе – стратегические надежды связываются с конечной продукцией переработки плава РЗМ (спрос на мировом рынке). 2003 год – вступило в строй производство карбонатов редких земель. Группа сотрудников завода награждена Почётной грамотой Минобра РФ по атомной энергетике за комплекс научно-исследовательских работ, связанных с уменьшением радиоактивности отходов, образующихся в производстве цеха № 7. 2004 год – освоено производство новых видов РЗ-продукции – карбонатов лантана и церия (силами цехов № 3, 7, 8). Подходит к концу строительство первой очереди отделения экстракции цеха № 8.

Осуществлён переход на непрерывную схему осаждения карбонатов.

Американская компания Spartan Light Metal Products, которой ОАО «СМЗ» поставляет Mg-сплавы, отметила своим дипломом завод как надёжного партнёра. Золотой медалью и дипломом Московского Международного Салона инноваций и инвестиций отмечена группа специалистов завода, разработавших тему «Комплексная переработка, обезвреживание и дезактивация неметаллических отходов производства с извлечением ценных компонентов и получения новых товарных продуктов».

В 2004 году на 1/3 возросла переработка лопаритового концентрата.

В середине 2005 г. запущен в работу участок по вторичной отмывке карбоната. Началась переработка колумбита. Было продолжено хлорирование новых перспективных видов Nb и Ta-сырья.

В 2006 году исполнилось 35 лет РМ-производства цеха № 7.

Из сказанного следует, что Россия не готова к значительному производству РЗМ. Слаба и сырьевая база и перерабатывающая. Предложений высказано достаточно много, а средств на их реализацию нет. Отрицательным моментом в деле развития РЗ-отрасли является разобщённость потребителей конечной продукции. Как правило, объёмы спроса небольшие, а требования к качеству товаров разнообразные. В документах не называется объём потребления, к которому надо стремиться.

Ниже мы подробнее рассмотрим сырьевую базу РЗМ в европейской части России, о чём предупредили читателей книги ещё во введении. Краткие сведения приведём и о сопутствующих ценных минералах.

Начнём с Ловозерского рудного района. Он находится в пределах одноимённого щелочного массива, многофазной интрузии центрального типа. Площадь его около 750 кв. км. В пос. Ревда расположен ГОК – важное предприятие по добыче сырья и получению лопаритового концентрата с Nb, Ta и РЗЭ. В составе предприятия – два рудника: Карнасурт и Умбозерский.

Ловозерский массив относится к формации агпаитовых нефелиновых сиенитов. Щелочные породы внедрились в гнейсы, относимые к кольско-беломорскому комплексу верхнего архея. Осадочно-вулканогенные отложения ловозерской свиты (D_2 – C_1) образуют ксенолиты в щелочном массиве и остатки кровли на его периферии. Состав свиты очень пёстрый – преобладают глинистые слан-

цы, туфосланцы и авгитовые порфириты. Крупные блоки вулканитов мощностью до 200 м залегают в породах дифференцированного комплекса луявритов-фойяитов-уртитов и пространственно ассоциируют с осадочными породами ловозерской свиты.

Щелочная магма внедрялась в породы осадочно-вулканогенного девонского комплекса, ранее смятые в складки. С конца палеозоя и до четвертичного периода господствовали эрозионные процессы. Породы кровли массива были удалены. В результате обнажились луявриты плотного сложения.

Породы Ловозерского массива представлены тремя комплексами: дифференцированного лопаритоносного, эвдиалитовых луявритов и жильных пород. Первый, наиболее распространённый, состоит из расслоенной части, фации эндоконтакта и фации нефелиновых и содалитовых сиенитов (луявриты, фойяиты, уртиты, ювиты и переходные между ними разности). Минеральный состав уртитов, %: K-Na полевой шпат – 5–10, нефелин – 70–80, эгирин – 5–15 (нередко до 40–50% – ийолиты-уртиты).С этими породами связаны максимальные концентрации лопарита в рудных горизонтах.

Для Ловозерского массива характерно широкое распространение пегматитовых образований с множеством редких минералов, в том числе уникальных. Всего зарегистрировано 250 минеральных видов.

Образование массива, как считают многие исследователи, связано с внедрением и консолидацией нескольких порций щелочной магмы. Гланый рудный объект в массиве – лопаритовое м-ние. В вертикальном разрезе комплекса условно выделяются серии, зоны, пачки. В пределах пачек находятся выдержанные по простиранию и падению горизонты пород, обогащённые лопаритом. Они получили название рудных горизонтов. Всего их – около 40. Рудная минерализация обычно приурочена к границам между массивными (фойяиты, уртиты) и трахитоидными (луявриты) породами.

Морфологически – это маломощные горизонты с пологим падением; они залегают согласно с общей слоистостью пород. Характерна однородность оруденения. В промышленную эксплуатацию вовлечены только руды дифференцированного комплекса. По внутреннему строению различают простые рудные горизонты и сложные. Содержание лопарита в них до 7%.

На участке Аллуайв руда представлена нефелиновыми сиенитами с мелкой вкрапленностью лопарита и эвдиалита с общим содержанием около 12%. В лопарите – повышенные содержания Nb, Ta и РЗЭ. На участке имеется и залежь с 15–30% эвдиалита.

Редкие земли на 30–40% представлены элементами Y-группы (аналог актюзских руд в Киргизии). В 1998 году экспертами МПР РФ вынесено заключение в пользу м-ния. Оно является комплексным: содержит цирконий, редкие земли, ниобий. Балансовые запасы (C_1 + C_2) богатых руд (21,66% эвдиалита) составляют 50,7 млн. т; бедных руд – 527 млн. т, в них – 16% эвдиалита.

В районе известны и россыпные проявления лопарита, связанные с ледниковыми образованиями позднего плейстоцена. Наиболее изучены россыпи северной Ревдинской группы – площадь их более 300 кв. км. Содержание лопарита 2–3 кг/$м^3$; в них есть также магнетит и эвдиалит.

По материалам сотрудников КНЦ РАН на 2002 год в процессе обогащения лопаритовых руд на Умбозерской и Карнасуртской фабриках получали лопаритовый (Nb,Ta, РЗЭ, Ti), апатитовый, эвдиалитовый, эгириновый и нефелин-полевошпатовый концентраты. Торий из лопарита не извлекался – нет разработанной технологии и спроса, а извлечение стронция экономически не выгодно. Переработка ЛК производится на СМЗ, т.е. в далеко отстоящем районе, да и сам завод нуждается в обновлении. Правительства СССР и России за длительную историю эксплуатации недр так и не приняли решения о создании Кольского горнопромышленного комплекса с целью рационального использования богатств региона. В настоящее время на полуострове добываются и перерабатываются апатито-нефелиновые, железные, медно-никелевые, редкометалльные, вермикулитовые, флогопитовые руды, а также керамическое сырьё, облицовочные и поделочные камни, выплавляются цветные металлы. Сотрудники КНЦ РАН С.Г. Фёдоров, А.И. Николаев и другие (2003) справедливо пишут: «Актуальность проблемы рационального комплексного использования минерального сырья широко и настойчиво декларируется, однако реальное решение этих проблем откладывается на неопределённое время; отсутствует эффективная региональная программа в сфере обращения с минеральным сырьём техногенных образований, накопленных в хвосто- и золо-хранилищах».

Идея создания замкнутой технологической системы, когда отходы одной отрасли служат сырьевой базой для смежного производства, давно на слуху. Региональный обогатительно-металлургический комплекс, продолжают авторы, «позволит организовать глубокую переработку природных ресурсов, утилизировать часть отходов производств, улучшить экологическую безопасность и обеспечить производство конкурентно-способной продукции». В пред-

лагаемый комплекс могли бы войти нефтеперерабатывающий завод для сырья северных м-ний, налажено получение высококачественных продуктов, организованы перспективные энергоёмкие производства с использованием природного газа Штокмановского газоконденсатного м-ния.

Утвердившееся в России правление состоит из политически подготовленных кадров, но слабых в техническом плане специалистов, которые неспособны эффективно бороться за инновационное развитие России, как это делают китайские, бразильские и казахстанские руководители в своих странах. Только нефтяники отважились подать в 2010 году протестный голос. «Бюджетный план на ближайшую трёхлетку разбивает надежды на качественное обновление структуры отечественной экономики. Разговоры о необходимости искоренять пагубную привычку паразитировать на нефтедолларах так и остались благими пожеланиями. Экономика страны всё более плотно подсаживается на сырьевую иглу. Причём, на обслуживание текущих расходов идут все нефтегазовые доходы, которых к тому же недостаточно... Государство не только отнимает всё больше нефтегазовых доходов, но и жёстко урезает расходы на геологоразведку, т.е. на формирование задела на будущее... Поразительно, но на финансовую поддержку СМИ в 2011 году из федерального бюджета выделяется 61,2 млрд. рублей – втрое больше, чем на ГРР. А объём расходов федерального бюджета на подготовку Олимпиады-2014 составит в 2011 году 192,8 млрд. рублей – почти в 9 раз больше, чем на ВМСБ. Таковы приоритеты правительства В. Путина» (Нефтегазовая Вертикаль, 2010, № 23–24).

Вернёмся к эвдиалит-лопаритовым рудам Ловозерского м-ния. Максимальное производство лопаритового концентрата (ЛК) – более 25 тыс. т/год – приходилось на 90-е годы XX века (более половины ЛК поставлялось на ОАО «Силмет»). Добыча руды Ловозерским ГОКом в 2009 г. составила 304,1 тыс. т/год, а в 2010 г. – 255,0 тыс. т (содержание лопарита в руде 2,36%).

Экономический кризис 2008 г. оказал значительное влияние на деятельность предприятия. Объём производства снизился в 1,5 раза – с 9,0 до 6,0 тыс. т концентрата. Основные причины этого: высокая степень износа основного оборудования; рост затрат на электроэнергию; недостаток квалифицированных кадров, включая основные подземные профессии, а также отсутствие собственных и кредитных средств на реализацию инвестиционной программы. К 2015 году планируется довести объём производства ЛК до 12 тыс. т/год.

Ловозерская горная компания переживает сейчас трудные времена. По мнению сотрудников ИХТРЭМСа, превращение ЛГК в эффективное предприятие возможно лишь при условии наращивания объёмов производства ЛК до 20–25 тыс. т/год, что предполагает создание ещё одного перерабатывающего комплекса. Подобное пока не предвидится – никто не хочет выделять средства ни на увеличение добычи сырья, ни на передел концентрата.

Выше приведены примеры сложного минерального состава рудных горизонтов, низкие и неравномерные содержания лопарита, срастание его с другими минералами. Используемая гравитационная схема обогащения является громоздкой – на каждой стадии получают черновые концентраты с последующей их перечисткой в отдельном цикле с желанием максимального раскрытия зёрен при минимальном их переизмельчении.

Промышленные испытания, проведённые на Умбозерской ОФ, показали рациональность вывода из питания первой стадии обогащения непродуктивной фракции крупностью – 1,6–0,8 мм, содержащей сростки и крупные частицы пустой породы – рис. 4-1. В концентрат по этой схеме извлекается 74% лопарита. С.Г. Фёдоров с коллегами (2003) заключают: «Совместная оптимизация главных переделов гравитационного обогащения (измельчения, предварительного обогащения и перечистки концентратов) на основе одновременного использования особенностей стержневого измельчения, структурных и физико-механических свойств руды и минералов, а также закономерностей поведения частиц в потоках малой толщины позволяет кардинально повысить эффективность гравитационного обогащения редкометалльных и других руд тяжёлых металлов при значительном упрощении сложных технологических схем».

Требования к кондиционному лопаритовому концентрату: 93–96% основного минерала и не более (%) 0,1 фосфора, 2,5 окисного железа, 2,9 кремнезёма и 0,1 влаги. Состав РЗ-металлов в нём (отн. %): La_2O_3 – 25,2; CeO_2 – 54,4; Pr_6O_{11} – 5,9; Nd_2O_3 – 13,8; Sm_2O_3 – 0,6; Eu_2O_3 – 0,03; Gd_2O_3 – 0,11; Tb_4O_7 – 0,01; Dy_2O_3 – 0,03. Схема переработки показана на рис. 4-2.

С лопаритом тесно связан эвдиалит – важное сырьё на цирконий, хотя ZrO_2 в нём – не больше 10% (в цирконовых концентратах ZrO_2 почти в 3 раза выше). Примерный минеральный состав эвдиалитовых луявритов (пока они не используются), %: эвдиалит – 12–15; лопарит – 0,8–1,0; эгирин – 30–34; амфибол – 1–5; лампрофиллит – 0,5; полевые шпаты – 20–27; нефелин и продукты

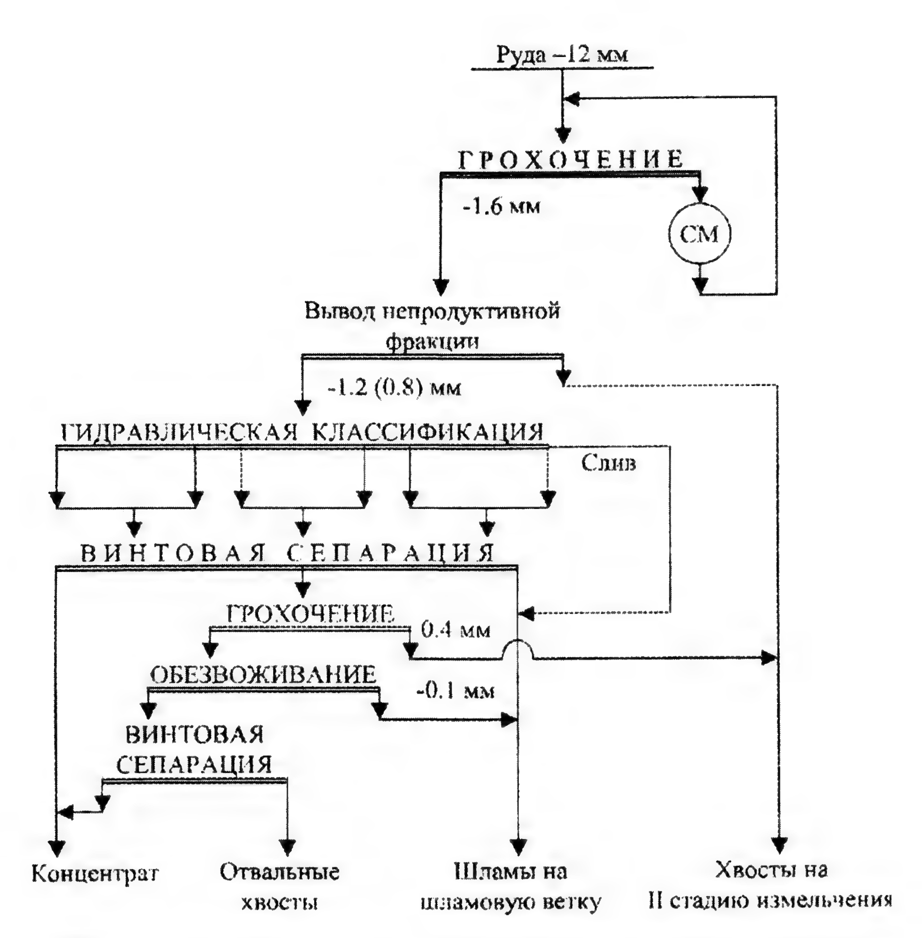


Рис. 4-1. Рациональная схема I стадии обогащения лопаритовых руд

его замещения – 20–27; в них 1,7–2,0 ZrO_2; 1,2–2,8 TiO_2; 0,19–0,25 Nb_2O_5; SiO_2 – 51–52,5; Al_2O_3 – 11,0–14,7. Разработанные схемы обогащения позволяют получать из эвдиалитовых луявритов лопаритовый, эвдиалитовый и эгириновый концентраты и объединённый нефелин-полевошпатовый продукт.

В отдельных зонах Ловозерского м-ния в лопаритовых рудах много апатита, РЗО в таких зонах – до 8%. Мы полагаем, что РЗ-минералы находятся в ассоциации с апатитом. По В.А. Маслобоеву и В.Н. Лебедеву (1991), РЗЭ входят в апатит в таком составе (отн. %): La_2O_3 – 23,4; CeO_2 – 46,4; Pr_6O_{11} – 4,8; Nd_2O_3 –17,7; Sm_2O_3 – 2,4; Eu_2O_3 – 0,4; Gd_2O_3 – 1,3; Tb_4O_7 – 0,47; Y_2O_3 – 3,0. Ниже подробнее рассмотрим дискуссионный вопрос об РЗМ в апатите.

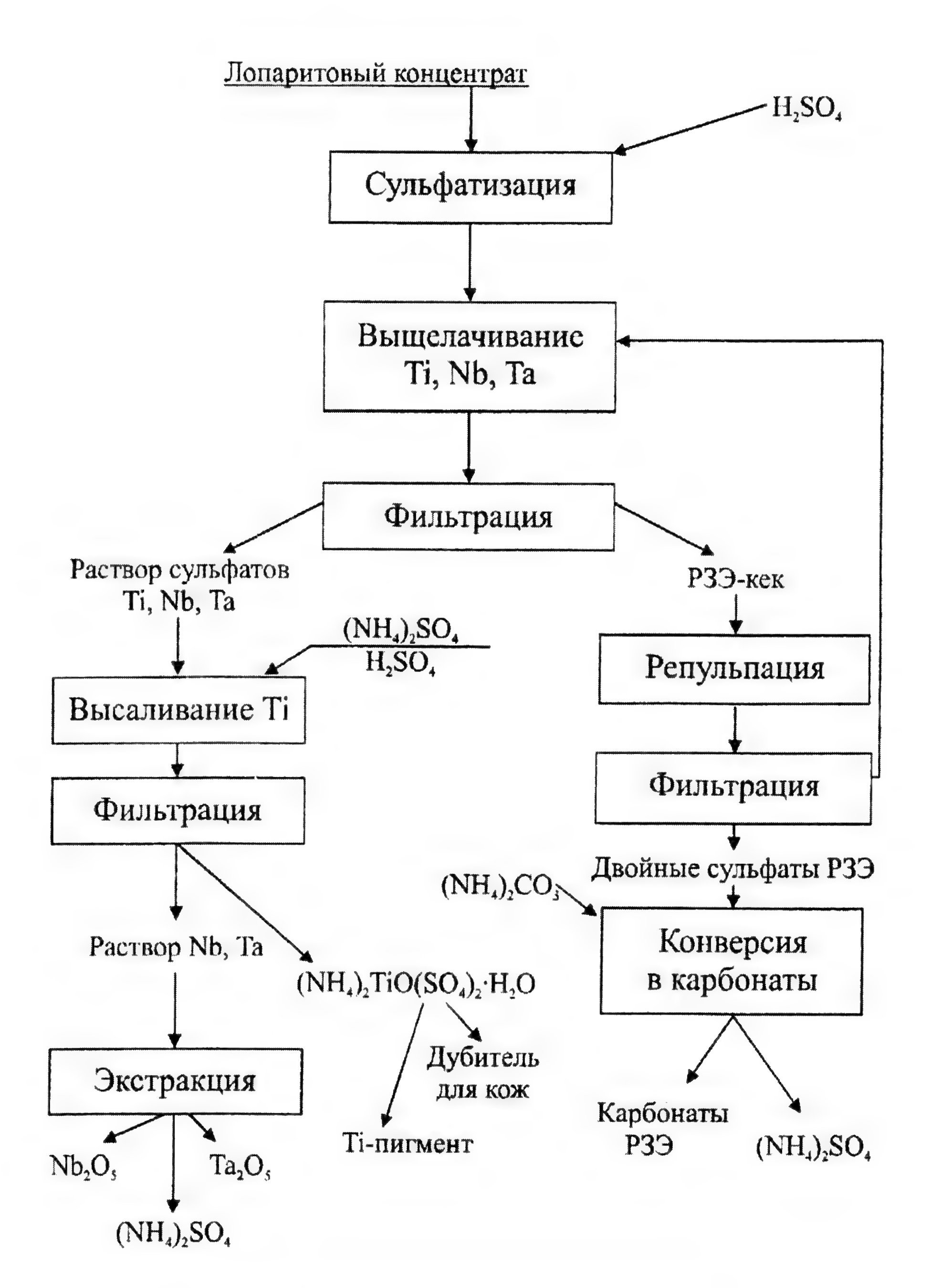


Рис. 4-2. Комплексная сернокислотная схема переработки лопаритового концентрата

Ни в одной из работ, просмотренных нами, не приводится конечная стоимость РЗЭ из лопарита как добавочных элементов к извлекаемым ниобию и танталу. По этой причине нельзя оценить, в какой мере она сопоставима с ценами на мировом рынке РЗМ, получаемых из бастнезита и монацита.

Многие минералы, получаемые в процессе флотации руд Кольского региона, не вовлечены в переработку. Назовём некоторые из них – в апатит-нефелиновых рудах Хибинского м-ния (основа развития ОАО «Апатит») содержатся: апатит, нефелин, эгирин, сфен, титаномагнетит, полевые шпаты, ильменит, гидрослюды, лепидомелан. Ещё в 1932 году академик А.Е. Ферсман предложил: надо комплексно использовать весь набор минералов для получения необходимой продукции с минимумом отходов. Эта идея, по его словам, является защитой наших природных богатств от хищнического расточительства. К большому сожалению, она до сих пор, спустя 80 лет, плохо реализуется.

В середине 30-х годов из руды Кукисвумчорского м-ния уже получали апатитовый, нефелиновый, сфеновый и ловчорритовый концентраты, двойной суперфосфат. В апатитовом концентрате 94,90 – 96,60% основного минерала; 1,5–3,0 – нефелина; 0,70–1,20 – эгирина; 0,30–0,60 – сфена; около 0,5% – других минералов. В рудах и породах содержание нефелина от 20 до 70%. Концентрат (78–81% основного минерала) получают из хвостов апатитовой флотации. Условия сбыта его весьма ограничены. В нём – 28% Al_2O_3 и около 20% суммы Na_2O и K_2O.

На стадии магнитной сепарации получают черновой Ti-mt-концентрат. В настоящее время его не используют. Он находится в отвальных хвостах, как и сфеновый и эгириновый. В первом содержится 28% TiO_2 и 4–5% P_2O_5. Схема его выделения на первом этапе работ была достаточно сложной, а извлечение – низким, не больше 10%. Причина – в близости флотационных сходств апатита и сфена: $Ca_{10}/PO_4/_6(F, OH)_2$ и $CaTi/SiO_4/(O, OH, F)$. Усовершенствованная схема обогащения апатит-нефелиновых руд позволила повысить извлечение сфенового концентрата до 60–70% (в нём 37–39% TiO_2).

До 2003 г., по С.Г. Фёдорову и др., на ОАО «Апатит» было переработано на обогатительных фабриках более 1,52 млрд. т руды, выработано 560 млн. т апатитового и более 57 млн. т нефелинового концентратов. Добавкой служат сфеновый, титаномагнетитовый и эгириновый концентраты. Хвостохранилища ОАО «Апатит» – это крупные техногенные м-ния с суммарными запасами ценных компонентов в несколько

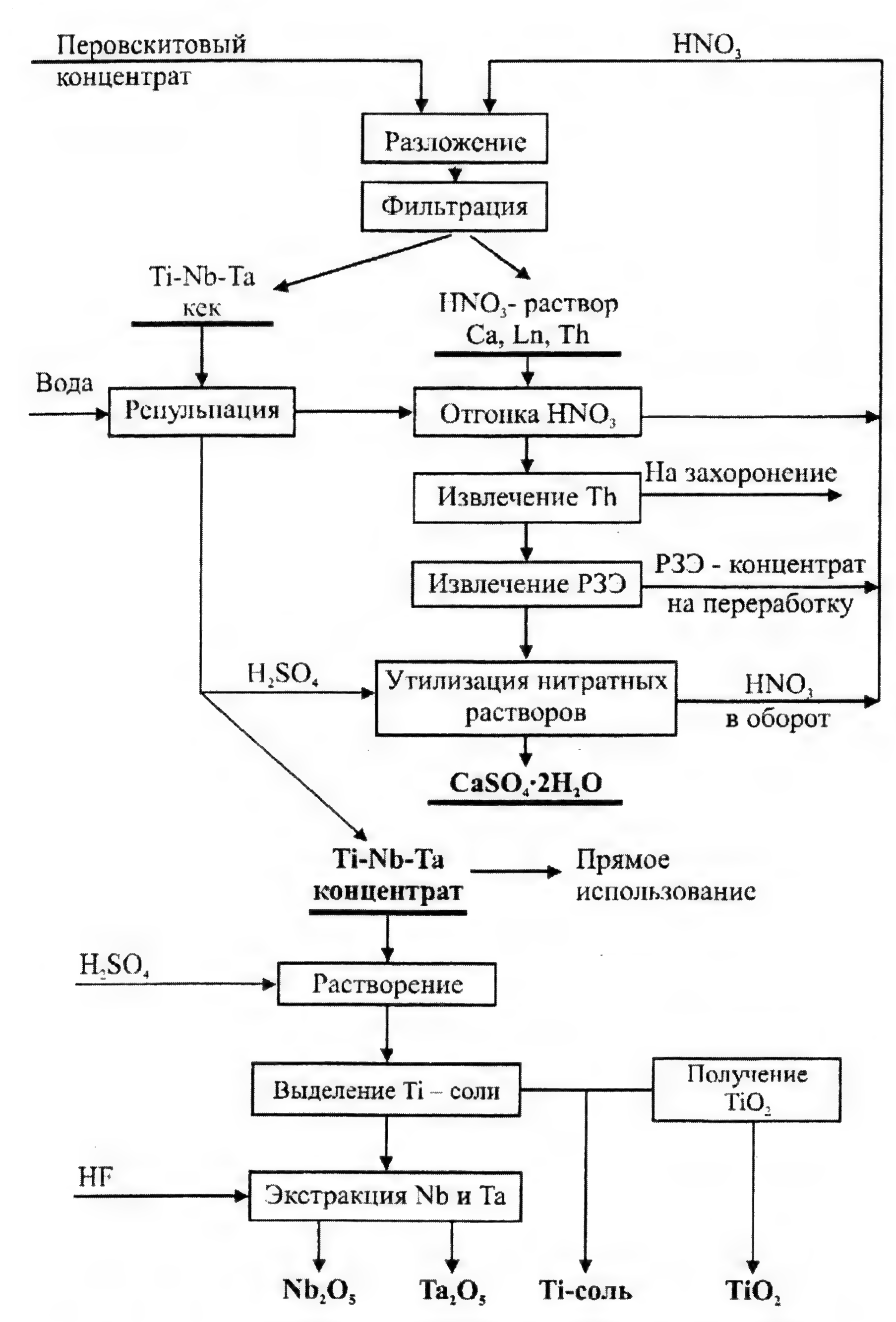


Рис. 4-3. Принципиальная комплексная азотнокислотная схема переработки перовскитового концентрата

сотен млн. тонн. Накопление сфена в отвалах происходит и за счёт сфенитов, которые находятся во вскрыше апатит-нефелиновых руд (в них до 80% сфена, против 2-х % в типичных рудах).

Одним из перспективных м-ний региона является Африкандское, представленное перовскит-титаномагнетитовыми рудами. Формула перовскита простая — $CaTiO_3$. Запасы TiO_2 в м-нии меньше, чем в Ярегском (с лейкоксеном), но освоение его выгоднее — по условиям добычи руды, реализации технологических схем обогащения и переработки выделяемых концентратов. Запасы достаточны для эксплуатации в промышленных масштабах в течение многих десятков лет. В концентрате присутствуют и лантаноиды. Состав его следующий, %: TiO_2 — 48–52; CaO — 34–36; РЗО — 3,3–4,6; ThO_2 — 0,1; Nb_2O_5 — 1,0; Ta_2O_5 — 0,05; Fe_2O_3 — 3,4; SiO_2 — 4,2; Na_2O — 0,5; K_2O — до 0,3.

Работы по получению перовскитового концентрата и его химической переработке для нужд чёрной металлургии были начаты в 30-е годы. В 50-е годы, ввиду отсутствия крупных постоянных потребителей перовскита, Африкандское м-ние было снято с учёта Госкомиссией по запасам. Титаномагнетит этого м-ния содержит меньше 8% TiO_2, тогда как в Хибинском — около 15% оксида. На рис. 4-3 показана схема переработки перовскитового концентрата.

В Ti-магнетите из африкандского сырья 98% основного минерала, с добавками ванадия и ниобия, при минимуме серы и фосфора. Исходное сырьё — рудные оливиниты, нефелиновые рудные пегматиты и амфиболитовые пироксениты. Разработанная в Горном институте КНЦ РАН схема обогащения позволяет получать перовскитовый концентрат с извлечением 64%. Усреднённый состав РЗО в концентрате, по работе Н.И. Николаева (1991), такой (отн. %): La_2O_3 — 21,5; CeO_2 — 47,4; Pr_6O_{11} — 7,1; Nd_2O_3 — 20,0; Sm_2O_3 — 2,0; Eu_2O_3 — 0,2; Gd_2O_3 — 1,0; Tb_4O_7 — 0,1; Dy_2O_3 — 0,4; Ho_2O_3 — 0,06. В концентрате, кроме перовскита (93%), присутствуют диопсид (3,2), кальцит (2,0), роговая обманка (1,0), прочие — около 1%.

Почему такое ценное сырьё не добывается — нам неизвестно. Мы озабочены также настойчивыми призывами извлекать РЗО из апатитового сырья при получении из него удобрений по сернокислотной и азотнокислотной технологиям.

Чтобы разобраться с такими рекомендациями и предлагаемыми схемами, рассмотрим Хибинское м-ние — основу добычи миллионов тонн апатит-нефелиновых руд, которую осуществляет в крае ОАО «Апатит».

Хибинский рудный район включает уникальную по набору полезных компонентов и размеру многофазную интрузию – эллипсоидальный плутон агпаитовых нефелиновых сиенитов, вытянутый в субширотном направлении с осями протяжённостью 45 и 35 км. Внутреннее строение массива концентрически зональное. Породы его слагающие: массивные и трахитоидные хибиниты, рисчорриты, йолит-уртиты и связанные с ними апатит-нефелиновые руды и ловчорриты; в ядре массива – площадь фойяитов, в восточной части которой находится шток карбонатитов.

Комплекс йолит-уртитов, вмещающий все известные м-ния апатит-нефелиновых руд, залегает в виде узкой (0–2 км) прерывистой концентрической зоны. Все разрабатываемые м-ния сосредоточены в пределах южного сектора йолит-уртитовой дуги и образуют два морфоструктурных типа, различающихся размером, формой, условиями локализации рудных залежей и особенностями их внутреннего строения.

К первому типу относятся м-ния Кукисвумчорр, Юкспор, Апатитовый цирк, Эвеслогчорр и Плато Расвумчорр. Они представлены тремя залежами общей протяжённостью 12 км. Внутреннее строение их определяется асимметрично-зональным размещением текстурных разновидностей руд от нижнего к верхним контактам залежей. К этой группе относятся и м-ния западного фланга Хибинского массива – Партомчорр и Куэльпор.

В м-ниях второго типа (Коашва, Олений ручей, Ньоркпахк) отмечается многоярусное строение, когда в рудных зонах сосредоточено от 3 до 12 апатитовых залежей. Содержание основного минерала в них изменяется от 60–80% до 5%.

Для группы титанит-апатитовых руд характерна тесная ассоциация апатита (его 20–10% и меньше) с Ti-содержащими минералами – титанитом (более 10%), Ti-mt, эгирином и энигматитом (в целом TiO_2 больше 5%). В апатите 40–41% P_2O_5; 2,5–3,5 F; 1,8–3,5 SrO; 0,9–1,2 РЗО. Из редких элементов в нефелине присутствуют Rb, Cs, Ga; в титаните – Nb; в титаномагнетите – V, Nb.

Не имея своей экспериментальной базы, мы решили теоретически проверить, входят ли РЗЭ в кристаллическую решётку апатита. Вопрос – утопия или реальная возможность получения в промышленном масштабе РЗМ из апатита при химическом переделе его на удобрения и из фосфогипса (отходов производства) – стоит в повестке дня?

Несколько важных литературных источников, опубликованных за последние 50 лет, просмотрены нами. В кратком виде из-

лагаем позицию разных авторов. Где необходимо – приводим своё мнение, опираясь на современный уровень знаний по минералогии. Многочисленные декларативные статьи по технологии не комментируем.

Начнём с книги А.Г. Бетехтина «Минералогия», 1950 года издания.

«Группа апатита представлена соединениями типа $A_5|XO_4|_3Z$, в которых роль катионов играют Ca^{2+}, Pb^{2+} и в виде изоморфных примесей иногда TR^{3+}, Y^{3+}, Mn^{2+} и Sr^{2+}, а в качестве добавочных анионов участвуют: F^-, Cl^-, OH^-, O^{2-} и $|CO_3|^{2-}$». Наиболее часто встречается фторапатит – $Ca_5|PO_4|_3F$. «Часто наряду с F присутствуют обычно в небольших количествах Cl, OH и CO_3. Изоморфными примесями к CaO иногда являются Na_2O, редкие земли, главным образом Ce_2O_3 (до 5%), MgO (до нескольких процентов); в незначительных количествах присутствуют MnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, жидкий и газообразный CO_2 и другие компоненты». Ещё указывается, что $|PO_4|^{3-}$ может быть частично замещён более слабым анионом $|SiO_4|^{4-}$, но в комбинации с более сильным $|SO_4|^{2-}$. В абукумалите $|PO_4|^{3-}$ заменяется на $|SiO_4|^{4-}$ и $|AlO_4|^{5-}$: $(Y,Ca,Th)_{10}|PO_4, SiO_4, AlO_4|_6|F_2,O|$. За давностью лет оставим предположения об изоморфных замещениях и примесях.

По Е.И. Семёнову (2001), в бритолите РЗЭ представлены Ce-группой, а в абукумалите – иттриевой: отсюда современное название – иттро-бритолит. Странно, что в составе бритолита, по справочнику 1981 года, указывается свинец: $Pb_5Ca_2Ce_3Si_3O_{12}(OH)$. По американскому словарю геологических терминов (1997): бритолит (минерал из группы апатита) – $(Ca, Ce)_5(OH, F)(SiO_4, PO_4)_3$ и Y-бритолит – абукумалит – $(Ca, Y)_5(OH, F)(SiO_4, PO_4)_3$.

По нашему геологическому словарю 1973 года издания (т. I), апатит характеризуется следующим образом. F, Cl и (OH) могут взаимно замещаться, вплоть до возникновения почти чистых конечных членов, т.е. фтор-, хлор- и гидроксилапатита. Дальше идут большие допущения: Ca^{2+} может частично замещаться Mn^{2+}, Sr^{2+}, Na^+, РЗЭ (преимущественно из Ce-группы), а также U^{4+} и Th. $|PO_4|^{3-}$ также может частично замещаться на $|SO_4|^{2-}$ и $|SiO_4|^{4-}$. Трудно понять, чем руководствовался автор заметки, выбирая элементы и анионные группы для соответствующих замещений.

К. А. Власов, М. В. Кузьменко, Е.М. Еськова. «Ловозёрский щелочной массив», 1959 г.

По авторам, только четыре минерала, носителей РЗЭ и тория, присутствуют в породах массива: редкоземельный апатит (чаще всего

с F и Sr), ринколит, ловчоррит и нордит. Наиболее крупные выделения РЗ-апатита наблюдаются в пойкилитовых сиенитах, наиболее мелкие – в уртитах дифференцированного комплекса (ДК). В пегматитах выделения этого минерала не рассматриваем. Максимум редких земель в апатитах из малиньитов и уртитов ДК; значительно меньше их в апатите из эвдиалитовых луяврритов, контаминированных фойяитов и пегматитов (табл. 4-1).

Содержание РЗ-апатита, по авторам, изменяется в породах Ловозерского щелочного массива от 0 до 3,2%; в уртитах из средней части ДК достигает 25,4%. В каждом из горизонтов комплекса максимум апатита в лежачем боку, вплоть до образования мономинеральных апатитовых прослоек. Химический состав РЗ-апатита укладывается в формулу: $(Ca, Sr, TR, Na)_{10}\ P_6O_{24}(F, OH)_2$. По расшифровке Р.Л. Баринского, редкие земли имеют в основном Се-состав, %: La – 22, Ce – 51, Pr – 6, Nd – 17, Sm – 1,8. В апатите из пегматитов г. Лепхе-Нелем М.Е. Казакова определила 1,3% окиси марганца.

Таблица 4-1

Химический состав РЗ-апатита, вес. %

Компоненты	1*	2	3	4	5	6	7
	Малиньитты	Ийолит-уртиты	Апатит. уртиты	Уртиты ДК	Эвдиал. луявриты	Контам. фойяиты	Пегматиты
P_2O_5	37,47	38,63	38,40	39,00	39,66	41,26	39,80
CaO	43,81	47,28	46,56	48,18	48,50	51,93	48,80
SrO	6,14	3,19	5,39	2,31	6,25	2,43	5,50
Al_2O_3	Не опр.	0,45	0,20	0,32	0,40	Не опр.	0,70
Fe_2O_3	0,93	0,11	Сл.	0,06	0,35	0,13	0,15
TR_2O_3	7,71	7,10	6,78	7,44	2,00	2,32	3,20
Na_2O	0,50	0,52	0,74	0,56	Не опр.	Не опр.	0,69
F	3,49	3,00	3,15	1,70	3,38	2,69	2,14

*1, 2, 4, 5 – г. Карнасурт; 3 – г. Куфтньюн; 6, 7 – р. Коклухтиуай.

По данным 12 спектральных анализов, в апатите также содержатся следующие элементы (помимо определённых химическим путём): Ba, Zr, Ti, V, Mn, Cu, Ag, Nb, Be, Zn, Pb и Tl. В апатите из пегматитов, замечают авторы, больше Mn, Be, Nb и других элементов по сравнению с апатитом из пород.

Апатит выделяется одним из ранних. В уртитах он в виде отдельных кристаллов и в виде их скоплений на стыке зёрен нефелина; нередко кристаллы апатита заключены в последнем. Что

касается кристаллов лопарита, то в большинстве случаев они — в апатите; реже наблюдается обратная картина. Образование лопарита и апатита было близким по времени. Нефелин, микроклин, эгирин и другие минералы выполняют промежутки между кристаллами апатита, т.е. являются более поздними образованиями. Значительно реже апатит присутствует в виде включений в минералах силикатов. В пегматитах апатит — более поздний, чем в породах. Выделяется раньше натролита, но позже нефелина, эвдиалита и других минералов, слагающих внешние зоны пегматитовых тел. Как видно из приведённых данных, апатит находится в парагенетической связке с большим числом минералов и чистый отбор его для анализов практически исключается. По нашему мнению, только стронций, близкий к кальцию, может быть в кристаллической решётке апатита. Все другие многочисленные элементы, в том числе редкоземельные, иттрий и торий входят в свои собственные минералы. Трудности разделения их являются причиной многочисленных, совершенно искусственных, схем изоморфизма.

Напомним по этому случаю критерий однородности кристалла, по Е.С. Макарову (1973). «Так как не существует нижнего предела диспергирования кристаллического вещества, то механические примеси в материнском монокристалле могут быть сколько угодно малы. Трудность их экспериментального обнаружения методами микроскопии и фазового рентгеноанализа возрастает пропорционально уменьшению их размеров. Между тем, если атомы примеси сегрегированны в виде какой-то самостоятельной фазы, пусть самой ничтожной по размерам, и эта фаза располагается в микродефектах материнского кристалла /межблочных зазорах, дислокациях, микротрещинах и т.п./, то такой кристалл будет неоднороден и гетерофазен, и этот случай нельзя рассматривать как изоморфное вхождение примеси в кристалл».

Не сомневаемся, что данные К.А. Власова с коллегами относятся не к РЗ-апатиту, а к апатиту в смеси с редкоземельными минералами. Ниже мы вернёмся к ним. Здесь же отметим и мелкозернистые выделения низкотемпературного апатита. «Они обычно выполнют трещины и пустоты в призматическом натролите в тесной ассоциации с тайниолитом, лимонитом, штаффелитом и другими минералами комплекса замещения». В зависимости от того, какие минералы находятся в ассоциации с апатитом, они и будут попадать в его «псевдочистые» пробы.

Всего на момент работы над книгой (50-е годы XX века) авторы насчитали 23 минерала, в составе которых находится фосфор. В 8 из них он является одним из главных компонентов: апатите, ломоносовите, стенструпине, гидроцерите, беловите, карнасуртите, эриките и штаффелите (франколите). В небольших количествах (до 1,5% P_2O_5) он присутствует во многих других минералах. Апатит и ломоносовит широко распространены в породах массива; другие – характерны для пегматитов комплекса пойкилитовых сиенитов. Содержание P_2O_5 в различных типах пород изменяется от следов до 4,4%. Повышенные содержания – в фойяитах, уртитах, пойкилитовых сиенитах и лейкократовых эвдиалитовых луявритах; максимальные – в уртитах, за счёт апатита. Заметными носителями фосфора являются минералы группы ломоносовита-мурманита. Фосфор, как подчёркивают авторы монографии, является элементом ранних этапов кристаллизации массива (апатит, ломоносовит). В флюидно-гидротермальную стадию он не входил в структуры каких-либо минералов, а в гидротермальную стадию и в условиях гипергенеза выносился растворами в виде водного фосфата натрия. В этом случае незначительная часть фосфора попадала в поздние гидротермальные минералы – натролит, гидромусковит и др. В пегматитах фосфор в заметных количествах входил в минералы группы стенструпина, а в гидротермальную стадию входил в поздний апатит, беловит, штаффелит и другие минералы.

В заключение краткого геохимического очерка К.А. Власов с коллегами не избежали «соблазна» гипотезы изоморфизма. Они пишут, что кремний замещается фосфором по схеме: $2Si^{4+} \rightarrow P^{5+} + (Al, Fe)^{3+}$. Помимо близости ионных радиусов Si^{4+} и P^{5+} широкому проявлению изоморфного замещения способствует, по их мнению, недостаток кремнезёма в щелочной магме. Надуманность схемы очевидна. Одному из нас (Лавренчук, 2010) уже приходилось писать, что гипотеза о широких изоморфных замещениях держится на недостатке наших знаний. В результате кристаллизации расплавов и растворов при разных температурах (высоких и низких) возникают микропоры в минералах, которые и вмещают примесные элементы в виде своих фаз. Задача диагностики таких фаз (особенно в пределах 0,05–0,01 мкм и меньше в диаметре) – архисложная. Редкие элементы, в том числе РЗЭ – явные «кандидаты» на образование своих минералов в широком температурном интервале кристаллизации природных систем. Приведём слова К.А. Власова с коллегами в печати 1964 года, которые считаем и теоретически и практически

правильными: «Большинство редких элементов образует собственные минералы, и только для двух из них (Rb и Hf) пока такие минералы неизвестны». Близость свойств Rb к K, а Hf к Zr «приводит к сильному рассеянию их в минералах-носителях, что не способствует образованию собственных минералов... Если проанализировать ход процессов минералообразования, то можно представить, что многие минералы редких элементов образуются в этих процессах в таких выделениях, которые нами сейчас не диагностируются из-за малой разрешающей способности имеющихся оптических приборов... Совершенно ясно, что присутствие ряда элементов в породообразующих и других минералах мы приписываем изоморфизму, в то время как эти элементы находятся здесь в виде очень мелких выделений самостоятельных минералов, не улавливаемых при исследовании современными приборами... Основная масса редких элементов в процессе магматического минералообразования концентрируется на конечных стадиях процесса» (1964, т. 1). «Особенно плохо изучены минералы, находящиеся в природе в ничтожных количествах, в тесном микроскопическом прорастании с другими минералами и имеющие очень малые размеры выделений» (1964, т. 2).

Нас беспокоит распространение спекулятивных заявлений о том, что «развитые страны закупают хибинский апатитовый концентрат не столько для получения фосфорных удобрений, сколько для извлечения из него РЗМ: Nb, La, Ce, Sm, Nd и многих других. Предприятия нашей страны пока не имеют таких технологий» (интернет, статья А.Е. Козаренко «Апатит-нефелиновые месторождения Хибин»). Ни в одной стране мира не ведётся массовое производство (тонны, десятки тонн) РЗЭ из сырья с содержанием этих элементов в количестве меньше 1% РЗО. Вместо того, чтобы перерабатывать собственно РЗ-минералы (вести разведку и добычу сырья), в отечественной литературе предлагаются методы извлечения РЗЭ из промпродуктов и техногенных отходов сернокислотной переработки Хибинского апатитового концентрата (Локшин, Калинников, 2011). Речь идёт о технологии извлечения РЗЭ из фосфополугидрата (ФПГ) и из фосфодигидрата (ФДГ), а также извлечения РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) дигидратного процесса. Из перерабатываемых на предприятиях России примерно 4,8 млн. т апатитового концентрата по сернокислотной технологии Э.П. Локшин и В.Т. Калинников обещают наработать из ФПГ концентрата 7950 т РЗО, из ФДГ − 7000 т, из сульфатного концентрата ЭФК − 5700−6000 т и из фторидного концентрата ЭФК − 1950−4200 т.

Потребности России в РЗ-продукции, по авторам, будут, таким образом, полностью удовлетворены. Остаётся немного подождать, когда на опытной установке ИХТРЭМСа КНЦ РАН накопятся первые тонны РЗО и станет известна их стоимость. Любопытно, что из ЭФК дигидратного процесса «представляется реальным производство «фторидным методом» 4200 т РЗЭ концентрата, содержащего около 460 т Y_2O_3, 40 т Eu_2O_3; 150 т Gd_2O_3; 80 т Dy_2O_3; 34 т Er_2O_3 и др.». Перечислены элементы иттриевой группы с явным намёком на интерес к ним специалистов атомной промышленности.

В ФДГ большая часть РЗЭ, пишут Э.П. Локшин и В.Т. Калинников, изоморфно сокристаллизована с гипсом, замещая кальций по схеме: $TR^{3+} + Na(K)^{+} \rightarrow 2Ca^{2+}$. Надеемся, что авторы разъяснят своё «нововведение» в кристаллохимию — «изоморфная сокристаллизация с гипсом», на основе которого и строят свою гипотизу. «Из ФДГ при разумной продолжительности удаётся выщелочить не только не входящие в кристаллическую структуру гипса, но и изоморфно-сокристаллизованные с гипсом РЗЭ и фосфат-ион». Обилие таких слов и сочетаний как «можно предположить», «однако, возможно», «по-видимому», «неожиданно, что лантан, по сравнению с другими РЗЭ, более легко изоморфно сокристаллизуется с гипсом» и т.д. заставляет и нас предположить, что статья написана лишь для отчёта за потраченные деньги. Очевидно — докторам наук и академикам надо платить за конечную продукцию, а не за бесплодные наукообразные гипотезы.

С пропагандой апатитовых руд Хибинской группы месторождений для производства РЗЭ недавно выступили и В. Косынкин с Ю. Трубаковым (2011), сотрудники ВНИИХТа — ведущего предприятия ГК «Росатом». Их «козырь», как и учёных из КНЦ РАН, обилие перерабатываемого на удобрения сырья и широкое представительство РЗ-элементов иттриевой группы в апатите (в целом около 1%). По В. Косынкину и Ю. Трубакову, в апатите такой спектр РЗЭ: La — 27; Ce — 43; Pr — 5; Nd — 14; Sm — 2,1; Eu — 0,7; Gd — 1,7; Tb — 0,1; Ho — 0,1; Er — 0,4; Yb — 0,1; Y — 4,8. Учитывая масштабы переработки апатита, пишут эти авторы, позволяет утверждать, что «этот источник способен обеспечить внутренние и экспортные потребности России». Ещё ничего не наработали, а уже торопимся продавать за рубеж — характерное стремление наших бизнесменов. Содержание Y в апатите сильно завышено.

Как следует из статьи, уже в 2008 году сотрудники ВНИИХТа и АКРОНа разработали технологию выделения суммарного РЗ-концентрата из апатита. Дело — за опытной промышленной

установкой. Появится ли она к 2018 году – неизвестно. На вопрос, где выход сейчас, авторы отвечают: наладить процесс «извлечения РЗЭ при переработке апатита на удобрения по азотнокислотной технологии его вскрытия (Новгород Великий, Россошь, Дорогобуж, Кирово-Чепецк). Трудно понять, почему этот процесс получения РЗЭ из апатита организовали Польша и Норвегия, а в России не хотят его использовать». Господа из ВНИИХТа! Покажите, что Вы хотите быть первыми в России с этой технологией. Зачем же прятаться от реальной действительности? А где чёткие планы по переработке Красноуфимского монацита? Или по соображениям Росатома хранение его будет продлено ещё на 50–100 лет? Свою схему переработки монацита мы давно представили в Госдуму, где она получила одобрение. Принятие её в разработку позволит наиболее быстро и наиболее дёшево наладить производство РЗО в России в объёме 4 тыс. т/год. Ещё столько же может быть получено на Соликамском магниевом заводе за счёт переработки лопарита.

Солидный обзор по составу апатита приводят У.А. Дир и др. в пятитомном справочнике «Породообразующие минералы» (1962; перевод на русский язык – 1966). Прошло 50 лет со времени издания оригинала; материал устарел; далеко не все выводы можно принять сегодня, в первое десятилетие XXI века. В состав фосфатов группы апатита входят, по авторам, фтор-хлор-гидроксил- и карбонатапатит (франколит). Состав последнего – Ca_5 $(PO_4, CO_3)_3$ (OH, F). Наиболее распространён фторапатит с устойчивой гексагональной структурой; как правило, в нём присутствует в небольшом количестве (OH). Ионы фтора, хлора и гидроксила могут замещать друг друга. На примере 7 анализов авторы заключают, что Ca^{2+} может частично замещаться Mn^{2+}, Sr^{2+} и редкими землями (главным образом церием). U и Th присутствуют в виде вростков бастнезита и монацита. La и Y могут присутствовать в количествах 0,1–0,3%.

Выше мы написали, что в качестве изоморфного компонента можно допустить лишь Sr^{2+}; другие же элементы относятся к примесным минералам. Что касается CO_2 в апатите, то, вероятно, правы химики-физиологи и дантисты: CO_2 входит в аморфный карбонат. Было показано, что «карбонатапатит вскипает при действии разбавленной HCl, а при выщелачивании почти полностью удаляется без существенного изменения рентгенограмм».

Явно ошибочным является утверждение, что «синтетические апатиты в качестве изоморфных примесей могут содержать следующие элементы и радикалы: Ba, Pb, Mg, Ni, Sr, Zn, Cr^{3+}, Cr^{6+}, Al, Fe, Si, Na,

Ce, Y, O, OH, F, Cl, CO_3 и SO_4». Схемы типа $Ca_2^{2+}P^{5+} \leftrightarrow 3\ (Al, Fe)^{3+}$, $Cr^{3+} + 2Cr^{6+} \leftrightarrow 3P^{5+}$, $2P^{5+} \rightarrow S^{4+} + S^{6+}$, $P^{5+}Ca^{2+} \leftrightarrow S^{6+}Na^{+}$ и им подобные не заслуживают комментариев. В них прослеживается лишь арифметическое равенство валентностей компонентов в левой и правой частях схемы без какого-либо кристаллохимического смысла.

Апатит, в качестве акцессория, встречается почти во всех магматических породах – от основных до кислых. Содержание его колеблется от 0,1 до 1,0%, значительно реже – до 5% объёма породы. Преобладает фторапатит, часто с примесью OH. В гранитных пегматитах апатит ассоциирует с литиевыми минералами, в том числе с Mn-содержащими: литиофилитом ($Li\ MnPO_4$) и триплитом (Mn_2PO_4F). Отсюда, по нашему мнению, при недостаточно чистом отборе апатита в анализах его обнаруживается марганец. В других случаях, в зависимости от парагенезиса, в анализах апатита будут иные примесные элементы (K, Ba, Al, Si и др.). Разновидность апатита с высоким содержанием SrO (до 10%) носит название саамита. В справочнике «Минералогические таблицы» (1981) приводятся также формулы Sr-апатита $|Sr_3Ca_2(PO_4)_3F|$, Ce-апатита $|Ca_4Ce(PO_4)_3O|$, Th-апатита$|Ca_8ThP_6O_{24}(OH)_2|$, манган-апатита $|Ca_9MnP_6O_{24}(OH)_2|$, беловита $|NaSr_3Ce(PO_4)_3OH|$. Насколько обосновано выделение этих минералов в самостоятельные виды – судить кристаллохимикам. Мы же заметим, в анализах апатита у большинства авторов нет Y и РЗЭ-иттриевой группы. Только Э.П. Локшин с В.Т. Калинниковым (2011) и В. Косынкин с Ю. Трубаковым (2011) акцентируют внимание на всей гамме РЗЭ с добавлением иттрия.

Апатит в метаморфических и осадочных породах – вне нашего внимания, как и в рудах подобного генезиса. Отметим лишь коллофан – скрытокристаллический апатит, основной компонент фосфоритов и ископаемых костей. Смолистый желтовато-белый карбонатапатит носит название даллита. Скорее это – смесь минералов в конкрециях со сферолитовым строением. По данным Л. Эймса (их приводят У.А. Дир и др.), «равновесные взаимоотношения в системе Na_3PO_4-$CaCO_3$-H_2O свидетельствуют, что замещение карбонатов апатитом представляет собой наиболее вероятный способ образования морских фосфатных отложений».

В монографии «Минерагения кор выветривания карбонатитов» (2011) А.В. Лапин и др. приводят следующие содержания интересующих нас компонентов в Ковдорском месторождении: 1 – кальцитовые карбонатиты, 2 – остаточно-инфильтрационная кора выветривания. Средние содержания (c1) и коэффициенты концентрации (K) компонентов показаны ниже.

Материал	Fe_2O_3	P_2O_5	Nb_2O_5	Sr	Ba	Mn
1(c_1) 2(c_2)	5,71* 13,03	4,0* 32,62	0,0036* 0,0090	310 83	67 42	190 670
$K=c_2/c_1$	2,3	8,2	2,5	0,27	0,63	3,5

Продолжение

Материал	La	Ce	Yb	Y	Zr	Ti
1(c_1) 2(c_2)	6,1 17	25 64	0,14 0,38	1,9 3,8	20 49	100 220
$K=c_2/c_1$	2,8	2,6	2,7	2,0	2,5	2,2

*Эти компоненты – по данным химанализа, вес. %; остальные – по данным количественного спектрального анализа, $n \cdot 10^{-3}$%.

Носителями фосфора являются апатит-франколитовые и апатит-форстеритовые руды. При выносе CO_2 и в меньшей мере Ca происходит накопление (K>1) большей части приведённых компонентов. Из редких земель максимум – 25 г/т – падает на церий; стронций и барий выносятся.

Характеризуя акцессорные минералы из гранитоидов, В.В. Ляхович (1968) приводит многочисленные, часто далёкие от правдоподобных, схемы изоморфных замещений, как и его английские предшественники (Дир и др., 1962). В частности, утверждается, что «в структуре апатита ионы кальция, находящиеся в семирной и девятирной координациях, могут замещаться на Sr, Mn, TR и U... Гетеровалентные изоморфные замещения осуществляются по схеме: $TR^{3+} + Si^{4+} \rightarrow Ca^{2+} + P^{5+}$». Из работы в работу кочуют ошибки. Чтобы преодолеть их, надо выйти на уровень микроминералогических исследований. А это хлопотно, дорого, нет соответствующих приборов, поэтому геохимия и полнится домыслами. Для монацита, например, приводятся такие искусственные схемы замещений: $Th^{4+}Si^{4+} \rightarrow Ce^{3+} + P^{5+}$, $Th^{4+} + Ca^{2+} \rightarrow 2Ce^{3+}$.

Прежде чем перейти к работам нашего времени, отметим, что в трёхтомной монографии сотрудников ИМГРЭ (1964) апатит как носитель редких элементов даже не упоминается. Из карбонатов в числе Y-минералов рассмотрен тенгерит $|Y_2(CO_3)_3 \cdot nH_2O|$, а из фосфатов – ксенотим (YPO_4) и гипергенный черчит ($YPO_4 \cdot 2H_2O$). Фосфаты редких земель Ce-подгруппы представлены монацитом ($CePO_4$), рабдофанитом ($CePO_4 \cdot H_2O$), беловитом $|CeNaSr_3(PO_4)_3(OH)|$ и флоренситом $|Ce_gAl_3(PO_4)_2(OH)_6|$. Присутствие двух последних минералов в ассоциации с монацитом приводит, скорее всего, к заблуж-

дению, что кроме Ce^{2+} в нём находятся Na, Sr, Al. Кстати, беловит (по имени советского учёного кристаллохимика Н.В. Белова) открыт в 1954 году Л.С. Бородиным и М.Е. Казаковой в Ловозерском массиве. Состав TR и в беловите и в флоренсите – селективный цериевый.

В работе Е.И. Семёнова (2001) к фосфатам TR добавлены ольгит – $Na_3Sr_2La(PO_4)_2$, витусит – $Na_3Ce_g(PO_4)_2$ и беловит, с другой формулой по сравнению с вышеприведённой – $NaSr_3La(PO_4)_3F$. Эти три минерала обнаружены в агпаитовых нефелиновых породах Ловозера. С участием тория называются также минералы: ThSi-монацит – $(Ce_g, Th)(Si, P)O_4$, CaTh-монацит – $(Ca, Ceg, Th)PO_4$, чералит – $CaTh(PO_4)_2$, брокит – $CaTh(PO_4)_2 \cdot H_2O$, ThSi-рабдофан – $(Ce_g, Th)PO_4 \cdot H_2O$. Фосфаты, содержащие уран, нами не рассматриваются. Упомянем только, что «фосфор образует обильный уран-апатит в фосфоритах и костных остатках (Мангышлак). Гидрофосфаты U^{6+} (торбернит и др.) отрабатывались в зоне окисления U-гидротермалитов Средней Азии (Табошары и др.)».

Новые сведения по интересующей нас теме приводятся в Геовикипедии (wiki.web.ru), «Минералогическом справочнике» (2002) Е.И. Семёнова и монография В.Н. Яковенчука и др. «Минералы Хибинского массива» (1999). Последняя работа прекрасно издана – обилие анализов и фотографий делают её исключительно ценной для широкого круга специалистов и любителей-коллекционеров.

Ниже приводим лишь формулы минералов из группы фосфатов, которые открыты сравнительно недавно. Изучение их в химическом и структурном плане продолжается в разных лабораториях мира:

Название	Формула	Название	Формула
Альфорсит	$Ba_5(PO_4)_3Cl$	Накафит	$Na_2Ca(PO_4)F$
Арктит	$Na_5Ca_7Ba(PO_4)_6F_3$	Натрофосфат	$Na_7(PO_4)_2F \cdot 19H2O$
Беловит-(Ce)	$NaSr_3Ce(PO_4)_3F$	Нахпоит	$HNa_2(PO_4)$
Беловит-(La)	$NaSr_3La(PO_4)_3F$	Нефедовит	$Na_5Ca_4(PO_4)_4F$
Бонштедтит	$Na_3Fe(PO_4)CO_3$	Олимпит	$Na_5Li(PO_4)_3$
Витусит-(Ce)	$Na_3Ce(PO_4)_2$	Ольгит	$Na_2BaSr(PO_4)_2$
Делонеит-(Ce)	$NaCa_2SrCe(PO_4)_3F$	Сидоренкит	$Na_3Mn(PO_4)CO_3$
Дорфманит	$HNa_2(PO_4) \cdot 2H_2O$	Стронадельфит	$Sr_5(PO_4)_3F$
Кваннерсвит-(Ce)	$Na_2Ce_2Ba_6(PO_4)_6FCl$	Фосфогедифан	$Ca_2Pb_3(PO_4)_3Cl$
Крофордит	$Na_3Sr(PO_4)CO_3$	Фторкафит	$NaSr_2Ca_6Ce(PO_4)_6F_2$
Набафит	$NaBa(PO_4) \cdot 9H_2O$	Фторстрофит	$SrCaSr_3(PO_4)_3F$
		Фторфосфогедифан	$Ca_2Pb_3(PO_4)_3F$

Наиболее распространёнными фосфатами с РЗМ являются монацит и ксенотим. В первом – РЗО Се-группы 60–70%, а РЗО Y-группы – около 2,5%; во втором преобладают иттрий и РЗЭ его

группы: Y_2O_3 – 43,14%; Eu_2O_3 – 1,24; Gd_2O_3 – 1,22; Tb_2O_3 – 0,38; Dy_2O_3 – 5,64; Ho_2O_3 – 1,17; Er_2O_3 – 4,71; Tm_2O_3 – 0,52; Yb_2O_3 – 4,19; Lu_2O_3 – 0,63. Присутствие ксенотима в апатитовом концентрате и вызывает, вероятно, высокие содержания перечисленных оксидов. Из приведённых выше формул фосфатов видно, что в них присутствуют церий, в меньшей мере – лантан, и совершенно отсутствуют Y и РЗЭ его группы.

В итоге приходим к выводу, что нельзя рассматривать апатит как носитель РЗЭ и иттрия, тем более рекомендовать фосфогипсовое сырьё для извлечения из него указанных элементов.

В марте 2010 года подкомитет IMA под председательством Марко Пазеро опубликовал результаты работы по оптимизации номенклатуры «апатитов». Подкомитет официально признал, что слово апатит названием минерала не является. Оно служит названием надгруппы и группы минералов. В нашем изложении формула апатита включает $Ca_5(PO_4)_3$ с добавочными анионами F, Cl, OH. Больше всего в природе фторапатита – $Ca_5(PO_4)_3F$.

Итак, наше заключение: РЗЭ не входят в кристаллическую решётку апатита, а образуют свои минералы в процессе дифференциации щелочной магмы. При флотации апатит-нефелиновых руд они остаются в ассоциации с апатитом и подвергаются кислотному воздействию на заводах химических удобрений. При использовании азотной кислоты предполагаемые нами минералы растворяются и РЗЭ можно выделять путём кристаллизации на затравках «непосредственно из производственных растворов экстракционных фосфорных кислот» (Чиркст, Старминова, 2006). В качестве затравок были использованы кристаллы фосфата и фторида церия. В первом случае получено соединение $LnPO_4 \cdot 0,5\ H_2O$ со структурой рабдофанита, во втором – LnF_3 со структурой флюоцерита. Выделение происходило путём агрегации кристаллов. Авторы сообщают, что предложенная ими технология испытана на Балаковском ПО «Минудобрения» на специально сконструированной установке. «Оборотную ЭФК, нагретую до 90°С, направляли в пульсационный кристаллизатор, где происходило извлечение РЗМ в виде фосфатов на твёрдом гранулированном носителе. Отработанную кислоту выводили из аппарата и возвращали в технологический процесс».

В свою очередь А.Е. Самонов (2012) подтверждает, что при вскрытии апатита азотной кислотой до 90% РЗМ и стронция переходят в раствор. Технология извлечения Ln и Sr давно разработана во ВНИИХТе, прошла успешные полупромышленные испытания,

наработаны килограммы кондиционного продукта. К сожалению, ни А.Е. Самонов, ни авторы из ВНИИХТа не объясняют, почему же технология не внедряется.

Важно следующее сообщение А.Е. Самонова: проведённые исследования свежего и лежалого фосфогипса (переработка с использованием H_2SO_4) «позволили впервые выявить в его тяжёлой и среднетяжёлой минеральных фракциях отдельные редкометалльные минеральные составы с высокими содержаниями Sr и РЗМ». Это исследование как раз и подтверждает, что РЗЭ представлены собственными минералами, а не входят изоморфно в апатит. Отсюда и деловая рекомендация цитируемого автора: «Существование самостоятельных минеральных форм Sr и РЗМ определяет перед исследователями задачу выделить из фосфогипса методами механического обогащения богатые концентраты и, рассматривая их как редкометалльное сырьё нового поколения, оценить перспективу его промышленного использования и создать безотходные технологии комплексной переработки фосфогипса». Поставлена задача далёкого будущего и её должны решать как производители удобрений, так и промышленные предприятия строительного профиля. Возлагать большие надежды на извлечение из фосфогипса значимых количеств РЗМ (сравнимых с получением их из природного сырья) не стоит.

В конечном итоге о целесообразности переработки того или иного сырья надо исходить из экономических и стратегических соображений. На запрос в адрес КНЦ РАН, сколько будут стоить РЗМ, выделяемые из апатитового сырья по технологии Э.П. Локшина и В.Т. Калинникова, был получен ответ: «Экономические расчёты производства РЗМ из фосфогипса выполнялись промышленными компаниями ОАО «Апатит», СЗФК и Росредмет с учётом их производственных возможностей. Вся информация является собственностью компаний. КНЦ РАН не проводил аналогичных расчётов, поскольку нам они и не нужны, мы предлагаем лишь технологию решения».

Как же понимать утверждение авторов из КНЦ – С.Г. Фёдорова, А.И. Николаева и др. (2003), что конкретный выбор очерёдности внедрения разработок должен определяться основными показателями их экономической эффективности?

Вопросы переработки фосфогипса и его использования, по нашему мнению, надо оставить небольшим лабораториям и не пытаться по кислотным схемам извлекать из лежалых отходов редкие

металлы – до получения окончательных технологических и экономических результатов.

На практике доказано: носители Ti, Nb, Ta при разложении серной кислотой переходят в раствор, а носители Ln, Th, Ca, Sr остаются в осадке; при действии азотной кислотой картина обратная – первые идут в осадок, а вторые – в раствор. Вот из этих наблюдений и надо исходить при разработке технологических схем.

Различным аспектам геологии и полезных ископаемых Кольского п-ва посвящено огромное количество публикаций. Мы упростили подход к этому объёму информации изучением замечательной монографии «Геология рудных районов Мурманской области». Она издана к 50-летию Геологического института КНЦ РАН (Апатиты, 2002, 359 с.) коллективом авторов – В.И. Пожиленко, Б.В. Гавриленко, Д.В. Жиров, С.В. Жабин. Понятно, что за короткое время 2012 года, когда книга дошла до нас, не было возможности изучить детально весь материал. В значительной мере мы воспользовались конспектом необходимых разделов по геологии рудных районов.

На этом должно было состояться «прощание» с Мурманской областью. На очереди – монацит из Красноуфимска. В последний момент нам прислали статью «Новые продукты в технологии титано-ниобатов Кольского п-ва» (2005), которую кратко изложим. Речь в ней о лопарите Ловозерского м-ния и перовските Африкандского и Вуориярвинского м-ний, как источниках соединений Ti, Nb, Ta и РЗМ. Приводятся данные о лопарите (Ловозеро), перовските (Африканда, Вуориярви), луешите (Ковдор), пирохлоре и гатчеттолите (Вуориярви), сфене и титаномагнетите (Хибины).

Как сообщается в статье, уже к 2005 году производство лопаритового концентрата, перерабатываемого методом хлорирования на СМЗ, снизилось до 10 тыс. т/год – в 2,7 раза меньше по сравнению с 1992 годом, а м-ние перовскитовых руд не эксплуатируется, о чём говорилось и выше. Сырьё нетрадиционное; требуется поиск нестандартных решений для извлечения всех ценных составляющих из него. Масштабы же добычи лопарита связаны как с возможностями рудников, так и возможностями передела концентрата на СМЗ. «Хлориды Ti, Nb, Ta и РЗЭ служат прекурсорами для получения соединений этих металлов в наиболее динамично развивающихся отраслях промышленности».

Россия далека от комплексной переработки сырья и соблюдения современных экологических требований. Стало модным говорить о далёких перспективах, а не о решении многочисленных задач

сегодняшнего дня. По мнению сотрудников ИХТРЭМСа, наибольший интерес представляют варианты комплексной переработки лопаритового и перовскитового концентратов по комбинированным схемам, сочетающим наиболее эффективные операции их азотнокислотного или солянокислотного вскрытия. Как видим, идей и предложений у сотрудников КНЦ много, в том числе с поиском новых областей применения промежуточных продуктов и отходов переработки указанных концентратов. Перечень материалов на основе РЗЭ включает их индивидуальные соединения, нитраты, карбонаты, фториды, оксиды, РЗЭ-лигатуры. По нашему мнению, в руководствах областей страны не знают, сколько редких и РЗ-металлов надо сейчас и сколько потребуется через 5–10 лет. Нет должной связи между регионами. Совершенно неуместен спор в пределах Урала – кому принадлежит монацит из Красноуфимска и кто его будет перерабатывать.

Важной особенностью новых вариантов схем, заключают сотрудники Института геологии КНЦ, является их ориентирование на сокращение отходов производства и более полное использование сырья. Приводятся следующие цифры по выходу базовых продуктов на 1 тонну лопаритового концентрата при азотнокислотно-гидрофторидной технологии (кг): TiO_2 – 350; Nb_2O_5 – 73,3; Ta_2O_5 – 5,12; РЗО – 285; $NaNO_3$ – 770; KNO_3 – 540.

Выход основных базовых продуктов из 1 тонны перовскитового концентрата по различным вариантам технологии близок и составляет в среднем (кг): пигментный TiO_2 – 440–480; Nb_2O_5 – 7,5–8,7; карбонаты РЗЭ в пересчёте на Ln_2O_3 – 25–35; титаногипс – 900–1400.

Эффективность переработки титано-ниобатов Кольского п-ва, как и других видов сырья, будет определяться масштабами новых производств, выбранной технологической схемой, номенклатурой продуктов и потребностями рынка. На длительную перспективу Кольский п-ов останется главным поставщиком РМ и РЗМ-продукции, титановой и попутной. При поддержке государства и крупных инвесторов геологи способны увеличивать минеральные богатства края. В заключение подчеркнём, что Свердловской и Мурманской областям надо крепить содружество в деле наращивания сырьевой базы для производства широкой гаммы необходимых металлов.

Глава V. Средний Урал – «Красноуфимский монацит»

«Сквозь толщу туч не кажет солнце глаз.
Пойдём, обсудим сообща утраты
И обвиним иль оправдаем вас.
Но повесть о Ромео и Джульетте
Останется печальнейшей на свете...»

В. Шекспир

С этих слов великого английского драматурга мы хотим начать изложение технической драмы и одновременно трагедии уральских жителей, которая разыгралась по вопросу утилизации монацитового сырья и унесла много человеческих жизней. До сих пор проблема не урегулирована и служит доказательством безразличия властей СССР и РФ к судьбе народа.

Используем доклад, подготовленный Красноуфимской общественной организацией «Сокол» в 2006 году при участии авторитетных экспертов и специалистов.

Период с 2006 г. по настоящее время подвинет нас к осмыслению, что же надо сделать при минимальных затратах и максимальной эффективности. А сделать что-либо и внести полезное в практику – архисложно в современной России. Академик РАН Е.Н. Каблов, директор ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, говорит по этому поводу так (Металлы Евразии, 2012, № 1): «Проблема в том, что многие отечественные разработки, востребованные за рубежом, в России оказались никому не нужными. Можно до бесконечности задаваться вопросами на тему, почему это происходит, но и так ясно, что коррупция в нашей стране – уже не просто зло, а стиль жизни». И ещё одна мысль авторитетного учёного: «Сегодня важно не создавать технологии, а умело их внедрять. Надо понимать, чего мы хотим достичь, а не сколько хотим потратить». Если европейцы пишут о сокращении расходов на госаппарат, об уменьшении заимствований, о дефиците бюджета, то в наших новостях – сколько миллиардов выделено на Сочи, на саммит АТЭС и т. д. «Надо наконец понять, какие технико-экономические ниши мы можем освоить и развивать». У нас не создано «вертикально интегрированных цепочек, в конце которых – рабочие места для высококвалифици-

рованных специалистов... Кто сегодня не желает тратиться на свою науку, завтра будет кормить чужую экономику, что мы уже, к сожалению, привыкли делать».

Близкие мысли о тормозах в развитии нашей страны заключают и слова президента Академии горных наук, члена-корреспондента РАН Ю.Н. Малышева (Металлы Евразии, 2011, № 5). «Живя и работая в стране с богатейшими природными ресурсами, мы до сих пор не имеем нормального Кодекса о недрах. Принятый в 90-х годах закон давно устарел. Но в Государственной Думе, похоже, не собираются заниматься этим вопросом». Среди членов правительства и руководства профильных министерств нет ни одного дипломированного геолога или горняка, – замечает корреспондент журнала в беседе. Нужно ли удивляться, что проблемы отрасли часто остаются без внимания? Ю.Н. Малышев подтверждает: высокие министерские должности занимают сейчас люди из политики. В делах же нужны опытные профессионалы. После развала СССР в России нет должной связи между отдельными регионами. Ниже мы покажем, что Губернаторы двух уральских областей – Челябинской и Свердловской – готовы бороться за право обладать красноуфимским монацитом (МК), но мало заботятся о скорейшем его переделе.

Местное население г. Красноуфимска и близких к нему территорий активно отстаивает свои экологические права и добивается от властей радиационной безопасности. К сожалению, до настоящего времени не видно подвижек в переделе монацита и проблема, подобно футбольному мячу, перебрасывается от ворот населения к воротам администрации. Первые не могут решить её самостоятельно, а вторые – не торопятся её решать, придумывая всякого рода отговорки. И даже сейчас без смущения заявляют – необходимо ещё 3–5 лет для доработки мелких технологических вопросов. После 2015–2017 годов могут последовать новые затяжки с переделом сырья и так – до скончания века. Многие руководители из стана капиталистов-едроссов не вызывают уважения.

В группе монацита Е.И. Семёнов (2001) допускает следующие изоморфные замещения: CaTh – $2Ce_g$; CaU^{6+} – $2U^{4+}$; ThSi – Ce_gP; SSi – 2As. В соответствии с этим возникают переходные разности минералов: Ce_gP-хаттонит – ThSi-монацит; Ce_g-черaлит – CaTh-монацит /формулы: хаттонит – $ThSiO_4$, чералит – $CaTh(PO_4)_2$/. В структуре монацита R-полиэдры в координации 9 связывают между собой фосфор-кислородные тетраэдры. Теоретический состав: R_2O_3 – 69,7%, P_2O_5 – 30,3%.

Совместное нахождение минералов, по нашему мнению, часто трактуется в пользу изоморфного замещения элементов.

Низкотемпературная оолитовая («серая») разновидность монацита («кударита»), нередко имеющая в ядре оолитов Nd или Sm-Nd-максимум, пишет Е.И. Семёнов, обогащена европием и обеднена торием. «В последнее время доказано широкое развитие этого минерала (+Eu в нормализованной форме) в виде нодулярных включений 0,05–2,0 мм в эффузивно-осадочных, преимущественно, хлорид-сланцевых толщах (и образовавшихся по ним россыпях) Приморья, Якутии (Кулар), Тимана, Аляски и др.». Минерал содержит многочисленные включения хлорита, кварца, серицита, углеводородов. Это и подтверждает нашу точку зрения, что не надо спешить с заключениями об изоморфизме, а тщательно изучать парагенетическую ассоциацию минералов.

Возможно, что куларит образуется при диагенезе осадков, содержащих Eu-гидрофосфаты (рабдофанит, гидромонацит), считает Е.И. Семёнов.

«Обычное содержание Th в монаците из гранитов (и россыпей) – 7%. Гораздо ниже оно (около 1%) в низкотемпературных (гидротермальных) м-ниях, особенно, щелочного ряда (сиениты, фойяиты). Оолитовый монацит из сланцев содержит около 0,5% ThO_2... Торий входит в состав монацита (Mo) в виде компонентов чералита (Ch) и хаттонита (Hu). Так, состав Th-монацита из гранит-пегматитов Синцзяна может быть пересчитан на формулу $Mo_{75}Ch_{14}Hu_{11}$».

Монацит из россыпей Индии содержит около 8% ThO_2 и 0,4% UO_2. Он является сырьём РЗМ, Th и U. Россыпи, преимущественно морские, – главный тип м-ний монацита. Образование их связывают с выветриванием гранитов. Известны также речные россыпи (особенно, «оолитового» монацита) и докембрийские метаморфизованные россыпи.

В м-ниях щелочного ряда встречается монацит, богатый La и бедный Th. Таков монацит магнетитовых и гематит-бастнезитовых гидротермалитов Баян-Обо. Это указание Е.И. Семёнова особенно полезно специалистам, изучающим м-ния Сибири и Дальнего Востока.

Подробно о куларите и его промышленном значении говорится в статье Т.В. Башлыковой, А.В. Валькова и В.И. Петрова («Цветные металлы», 2012, № 3).

Обнаружен минерал в середине 1970-х годов в техногенных отходах золотодобычи в Куларе (Якутия, Усть-Янский район). По раз-

ным оценкам, в таких отходах с размером зёрен 0,5–1,0 мм уже накоплено несколько десятков тыс. т кударита.

Разработанная технология гравитационного обогащения позволяет использовать обычные винтовые сепараторы с получением в концентрате 90–96% искомого минерала. Такой концентрат содержит, %: Si – 3,4; Th – 0,5; U – меньше 0,1; РЗЭ – 60 (в основном фосфаты элементов Се- группы).

Для вскрытия кударита опробованы варианты обработки серной кислотой, карбонатом и гидроксидом калия.

«Сегодня важно не создавать технологии, а умело их внедрять». Эти слова академика Е.Н. Каблова должны стать лозунгом российской технической жизни!

Монацитовый концентрат начали доставлять в Красноуфимский район Свердловской области с 1956 года под видом обычного песка. Место для хранения было выбрано из-за близости ж/д станции посёлка Зюрзя и готовых подъездных путей к продовольственным деревянным складам (всего 350 м). Вопросы условий хранения, пригодности складов и безопасности персонала тогда не рассматривались. Всего было завезено в условиях секретности более 82 тыс. т МК для производства ядерных зарядов – шла затратная «холодная война». В дальнейшем сырьё оказалось невостребованным руководителями завоза и о складах забыли. Люди, которые обслуживали груз, не подозревали о возможности радиоактивного заражения. Завеса секретности «висела» над складами. Всякого рода слухи и домыслы будоражили местное население, но публично проблема радиоактивности песка не обсуждалась.

Лишь в 1989 году о ней заговорили. Причиной стало массовое заболевание свердловских студентов, командированных в район на с/х работы. Диагноз болезни не был установлен или скрыт от общественности. Надзорные органы дело закрыли, но молитва скорби прозвучала и сплотила людей в протестных действиях.

В 1994 г. распоряжением Правительства РФ склады с монацитом были переданы в собственность Свердловской области. На областном уровне решили: быть государственному учреждению «УралМонацит». В ведении его объект находится до сих пор. В 2002 г. Правительство области заявило о строительстве завода по переработке МК на территории его хранения. Волна возмущения охватила местное население. После многочисленных протестов была создана общественная экологическая организация «Сокол». Мы разделяем мнение, что по техническим и экономическим соображениям нет

надобности в строительстве такого завода. Наша идея известна Правительству РФ – выделение тория из сырья и получение суммы РЗО надо вести на атомном заводе в г. Озёрске Челябинской области.

На этом предприятии в тяжелейших послевоенных условиях была создана первая атомная бомба в СССР, а уж получение РЗО – всего лишь задача мелкого калибра. Учёные из Северска (СТИ НИЯУ МИФИ), совместно с представителями ОАО «СХК» в Томской области заявляют, что готовы взяться за переработку МК по нитратно-фторидной технологии. Группа сотрудников из Москвы (А.В. Вальков и др.) в свою очередь предлагают щелочной вариант вскрытия красноуфимского МК концентрированными растворами гидроксида калия. Этот вариант, по нашему мнению, заслуживает серьёзного внимания и скорейшего внедрения.

После многочисленных протестов строительство завода в г. Красноуфимске отложили. Был снят документальный фильм о «монацитовой проблеме». «Сокол» инициировал обращения за помощью в Уральский экологический союз и ряд международных общественных организаций. Грамотные действия представителей «Сокола» поддержали местные депутаты, бизнесмены, Т.Г. Мерзлякова, население соседних районов, авторитетные экологи и специалисты РАН. Сейчас, когда волна возмущения схлынула, снова стали появляться предложения о заводе в г. Красноуфимске. Странно, что их разделяет ГК «Росатом» через свою научную организацию ВНИИХТ. Одновременно следуют заверения, что в г. Озёрске интенсивно работают над технологией передела монацита и скоро-скоро завершат испытания. По имеющимся у нас сведениям, вся «работа» последнего времени свелась к доставке пробы небольшого веса из Красноуфимска в Озёрск. Да и обещанных денег в размере 20–40 млн. рублей явно недостаточно даже на опытные работы. Для промышленной же переработки монацита с выделением тория и РЗО, а также разделением последних на предприятиях других городов, необходимы, по нашим прикидкам, десятки миллионов долларов. Пойдёт ли на это государство и отдельные инвесторы-миллиардеры, нам неизвестно. Пока откликов на необходимые большие затраты не видно в средствах информации.

В конце последнего десятилетия XX века Правительство Свердловской области утвердило перечень инженерно-технических и санитарных мероприятий по обеспечению безопасности хранилища монацита, которое реализует ОГУ. Под руководством директора «УралМонацит» А.А. Михеева многое сделано – аварийные склады

перекрыты, т.е. повышена их безопасность. В то же время неизвестно, как долго будет ещё храниться МК без реализации его для получения РЗО.

Общественность Красноуфимского района резонно ставит вопрос о возврате объекта в собственность ГК «Росатом». Эту позицию разделяет и В.А. Язев, заместитель председателя Госдумы РФ. Только эта организация и способна к переработке монацита с отделением тория и захоронением его в отработанных карьерах. За 10–15 лет можно переработать в г. Озёрске весь запас концентрата с большой экономической выгодой, тем более, что цены на РЗМ сейчас, при монополии Китая, исключительно высокие. Ставить же вопрос о переносе складов в какой-либо другой район России вряд ли целесообразно по причине больших затрат и длительности осуществления. Полагаем, что эта наша позиция может быть поддержана как жителями Красноуфимского района, так и Правительством России. Пора призвать руководителей двух уральских областей к столу переговоров и началу реализации Программы по РЗМ. Понятно, что помощь государства должна быть гарантирована.

За 10–15 лет, кроме Ловозерского, получат развитие и другие РЗ-м-ния России или комплексные редкометалльные. Свои предложения мы направили Губернаторам Свердловской и Челябинской областей, но деловые ответы ещё не получили. Надеемся, что все заинтересованные руководители и специалисты соберутся за круглым столом не позже осени этого года и разработают программу по возрождению и развитию РЗ-промышленности страны. Нельзя ограничиваться обсуждением лишь влияния складов с монацитом на состояние окружающей среды и здоровье местного населения. Критика прошлого достойна внимания, но надо действовать в интересах будущего.

Монацитовый концентрат II-го класса опасности доставлялся до места хранения из разных м-ний мира и сейчас трудно сказать, насколько приводимый средний состав его отвечает действительности. Складирование, как сказано выше, проводилось в деревянных продовольственных помещениях, построенных в 1941–1942 годах заключёнными и военнопленными. Склады находились в ведении Главного управления материальных резервов (ГУМР) Совета министров СССР. Работы по разгрузке концентрата проводились несколько лет. В тех же самых вагонах без всякой дезактивации шёл вывоз продовольствия. Люди работали, не имея специальной защиты и не подозревая об опасности.

К началу 60-х годов были заполнены до отказа 19 деревянных складов и 4 новых металлических. В складах оказалось 1620000 ящиков с 82653 т монацитового концентрата. За короткое время все, кто обслуживал этот груз (около 200 человек), умерли от непонятной болезни, говорится в докладе правозащитной организации. После комиссии ГУМРа в те далёкие годы местных жителей переселили в посёлок Приданниково, а некоторых – в г. Красноуфимск.

В феврале 1990 г. авторитетной комиссией было принято решение о передислокации объекта в соответствии с экологическими требованиями, но последовавший развал СССР отодвинул эту идею на неопределённое время. Как мы написали выше, надо не перемещать МК, а перерабатывать его.

В 1994 г. Правительство РФ по инициативе областных властей передало склады в собственность Свердловской области для переработки МК. Прошло уже 18 лет; к переработке не приступили и, вероятно, не приступят, пока не будет оформлен возврат собственности в ГК «Росатом». Кстати, в материалах «Сокола» говорится: не удалось получить документов, официально подтверждающих факт и основание передачи объекта от государства в областное подчинение.

В 2002 году через местные СМИ Председателем правительства Свердловской области А.П. Воробьёвым было сделано заявление о строительстве завода по переработке МК на территории складов. Утверждалось, что будет получена огромная прибыль от продажи РЗ-металлов и решены многие социальные проблемы города и района. Действительно, это были благие намерения, но вряд ли власти просчитала всю цепочку стоимости от строительства завода и далее – передела сырья, получения чистых металлов и реализации их в разных областях промышленности. Почему-то строительство завода предлагалось как единственный, наиболее перспективный вариант решения проблемы МК. По нашему мнению, этот вариант – самый затратный. Не надо строить новый завод, а надо использовать те, которые есть, и восстановить порушенные. Наиболее экономичный вариант – вовлечение в РЗ-проблему атомного завода в г. Озёрске, хотя и в этом случае неизбежны большие капиталовложения.

После мощного выступления населения, поддержанного уполномоченным по правам человека Т.Г. Мерзляковой, Правительство Свердловской области отказалось от идеи строительства в г. Красноуфимске. Прошло 10 лет. Руководство области стало другим, но и в обновлённом составе к переделу МК не подступилось. Разные точки зрения приводятся на страницах печати. Желательно на очной

встрече с представителями власти, бизнеса, сотрудников производственных организаций и научных учреждений наметить реальный план возрождения РЗ-промышленности на Урале. Нет уверенности, что Правительство Свердловской области отважится на организацию такой встречи.

На конференцию РЗМ-2011, которая состоялась в Москве 26–27 сентября 2011 г., А.Ю. Петров, Министр промышленности и науки Свердловской области не приехал, хотя его фамилия значилась среди участников. Как представляют власти нашего региона кооперацию государства, науки и бизнеса в деле производства РЗМ, мы не узнали. В 2010 году, в беседе с О. Старцевой, шеф-редактором журнала «Уральский рынок металлов» (№ 150–151), А.Ю. Петров выразил свою озабоченность в продвижении на рынок новых образцов промышленных изделий. Редкоземельные металлы – составная часть их. «Для роста выпуска инновационной продукции в регионе необходима коренная модернизация промышленности... Россия и Свердловская область значительно уступают передовым странам в практическом применении технологических инноваций. Расходы на НИОКР у нас не превышают 10% от объёма инвестиций. В европейских странах аналогичный показатель – от 50% и выше. В России даже в благоприятном предкризисном 2007 году только 8,5% организаций от их общего количества осуществляли технологические инновации, а удельный вес затрат на технологические инновации в общем объёме отгруженных товаров составлял чуть более 1%».

Хочется верить, что такой, технически грамотный министр, как А.Ю. Петров, справится с многочисленными проблемами нашего региона, в том числе и с проблемой «красноуфимского монацита». Концентрат должен перерабатываться с получением РЗО и чистых металлов, а не лежать мёртвым грузом. Охрана его длится уже более полувека и обошлась государству в сотни миллионов рублей.

В 1999 г. на Чепецком механическом заводе (г. Глазов, Удмуртия) была проведена опытная работа по разделению 5 т монацитового концентрата. Она не дала положительных результатов. Активность суммарного концентрата РЗМ, как и тринатрийфосфата, превысила допустимые нормы. 60 т жидких радиоактивных отходов вернули в склады г. Красноуфимска. Это результат технологического решения, не имевшего достаточной экспериментальной проверки. Таким образом, на базе хранения находятся МК, затаренный по 50 кг в крафт-мешки, и

жидкие РАО в бочках без поддонов. По результатам испытаний отчёт не был представлен. Сейчас трудно указать причину неудачи.

Общественностью Красноуфимска был поставлен вопрос об организации перетаривания МК в сертифицированные по международным стандартам контейнеры с целью перевозки МК на предприятия Росатома. Правительство Свердловской области не стало рассматривать такой законный экологический вопрос. Ориентировочная стоимость перетаривания (без вывоза) была определена в 60 млн. долларов, т.е. в значительную цифру затрат.

Совершенно очевидно, что склады с МК из собственности Свердловской области необходимо вернуть ГК «Росатом». В атомной отрасли с головным институтом ВНИИХТ и надо вести работы по отделению урана и тория из РЗ-сырья.

В многочисленных статьях по МК из Красноуфимска приводятся одни и те же цифры среднего состава. На основании каких данных они получены – неизвестно. В литературе лишь говорится, что в склады загружался песок, представленный большим количеством партий из разных м-ний мира. В табл. 5-1 показан состав МК из м-ний Индии и других стран, в том числе сборный красноуфимский.

Таблица 5-1

Средний состав монацитовых концентратов, %

Компоненты	Бразилия	Индия	США	ЮАР	Россия*
РЗО	59,2	59,4	64,8	56,4	54,0
ThO_2	6,5	8,9	3,5	5,9	5,4
U_3O_8	0,17	0,35	0,47	0,12	0,2
P_2O_5	26,0	27,0	28,0	27,0	22,2
TiO_2	1,75	0,36	0,2	0,42	2,2
Fe_2O_3	0,51	0,32	0,6	4,5	3,6
ZrO_2	3,1	0,1	0,1	-	3,0
SiO_2	2,2	1,0	1,0	3,3	4,0

*Из работы В.Г. Бамбурова и др. (2011); по другим странам – из работы Н.А. Солодова и др. (1998).

Средний состав индивидуальных РЗО в красноуфимском МК, по В.Г. Бамбурову и др., такой, %: La 22,3; Ce 48,6; Pr 4,7; Nd 19,8; Sm 1,8: Y 1,3; Eu – нет анализа; Gd 1,1; Tb 0,06; Dy 0,1; Er 0,09; Ho, Tm, Yb, Lu – по 0,05.

Интересные данные по составу монацитов приводятся А.А. Кременецким (1993) – табл. 5-2.

Таблица 5-2

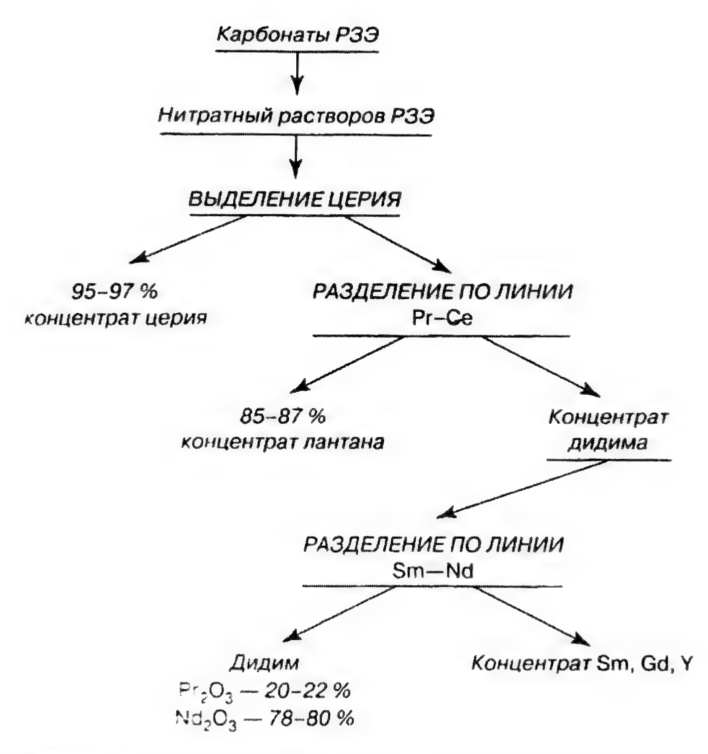
Содержание оксидов РЗЭ, иттрия и тория (%) в желтых и серых монацитах из редкоземельных россыпей разных стран мира*

Страна	La_2O_3	Ce_2O_3	Pr_2O_3	Nd_2O_3	Sm_2O_3	Eu_2O_3	Cd_2O_3	Y_2O_3	ThO_2
Желтые монациты									
1.Австралия	14,54	27,76	3,00	11,72	1,62	Не обн.	1,02	1,87	5,94
2. США	12,60	28,40	3,03	12,18	2,25	0,20	1,22	1,31	5,32
3. Южная Африка	12,92	37,14	2,18	10,20	1,76	Не обн.	0,78	1,92	8,35
4. Мадагаскар	13,09	28,18	3,12	11,32	1,34	Не обн.	0,72	0,36	9,48
5. Китай	12,70	25,42	2,70	10,40	1,98	Не обн.	1,30	3,22	6,96
6. Малайзия	13,20	27,11	3,04	11,17	1,54	Не обн.	0,95	1,98	8,22
7. Таиланд	13,54	28,17	3,22	11,48	1,95	Не обн.	1,36	1,83	5,99
8. Индия	10,70	25,60	3,06	12,55	1,98	Не обн.	0,35	0,16	13,04
9. Корея	14,29	33,14	3,21	10,75	1,46	Не обн.	0,74	0,54	4,16
10. Вьетнам	15,72	29,26	2,71	10,48	1,66	Не обн.	1,08	1,58	4,54
11. Индонезия	13,93	29,18	3,00	13,70	1,97	0,05	1,47	1,14	3,40
Серые монациты									
12. Испания	8,90	24,20	3,50	15,65	2,96	0,40	0,97	0,36	0,18
13. Франция	9,52	27,31	3,26	17,58	4,47	0,46	1,65	0,85	0,56
14. Тайвань	11,22	33,30	3,56	14,76	1,66	0,12	0,72	0,75	0,32
15. Заир	8,73	27,18	4,21	20,55	4,32	0,37	2,14	0,68	0,46
16. Конго	8,15	26,83	3,86	20,18	4,19	0,48	1,80	0,59	0,48

*Микрорентгеноспектральные анализы выполнены в ИМГРЭ И.М. Куликовой.

Продажную стоимость всех видов продукции, которая может быть получена в результате переработки МК, подсчитать сейчас очень трудно из-за быстро меняющихся цен. Вначале надо определиться с заводом для отделения тория от РЗО, а затем – с предприятиями по разделению последних.

В.Г. Бамбуров с коллегами справедливо пишут: «Единой концепции технологии обращения с красноуфимским МК до сих пор не выработано, как нет и всесторонней оценки комплексной эффективности различных предложений. Монацит лежит мёртвым грузом и вместо предполагаемой пользы является потенциальной угрозой окружающей среде и местному населению». Заключение же авторов после этих мудрых слов нельзя принять: «задел фундаментальных и прикладных исследований по переработке ториевых минералов, в частности монацита, сделанный на Урале, позволяет надеяться на получение отечественных РЗМ через 3–5 лет». Одновременно признаётся: «Красноуфимские монациты – это наилучший первоочередной источник сырья (хотя и не очень мощный) для получения РЗМ и тория». Если предусматривать переработку сырья по 5 тыс. т в год, то его хватит на 16 лет. За весь срок может быть получено около 38–40 тыс. т РЗМ.



Принципиальная технологическая схема переработки РЗЭ, выделенных из красноуфимского монацита



Принципиальная схема комплексной переработки РЗ-концентрата

Рис. 5-1

Свои предложения мы изложили выше. Повторим их в кратком виде.

1. Монацитовый концентрат из собственности Свердловской области возвращается в собственность государства – в ГК «Росатом».

2. Головное предприятие по отделению тория и его захоронению – атомный завод в Озёрске; консультанты – научные сотрудники ВНИИХТа.

3. Транспортировка МК от места его хранения до завода производится в специальных сертифицированных контейнерах.

4. РЗО поставляется для разделения в города, в которых имеются соответствующие мощности. У нас нет достаточно информации по этом вопросу.

5. За технологическую основу переработки МК с получением РЗЭ и удобрений предлагаем разработку А.В. Валькова и др.

В основе предлагаемой технологии – щелочное вскрытие МК концентрированными растворами гидроксида калия с разделением растворов РЗЭ по схеме, показанной на рис. 5-1. Материалы опубликованы в журнале «Цветные металлы», 2012, № 3, с. 13–16 и 21–23.

Нас могут упрекнуть в том, что без должных оснований мы остановились на заводе в Озёрске, предлагая его для передела МК с торием. Обратимся к информации последних десяти лет. Ещё в 2003 г. депутат Госдумы В.А. Язев, один из наших авторитетных экспертов по ториевой проблеме, в беседе с корреспондентом «Нового региона» (14 апреля) высказал мысль, что переработкой такого опасного сырья, как монацитовый концентрат, нужно заниматься в «серьёзных ядерных центрах».

В 2011 г. в Информационном бюллетене для жителей Озёрского городского округа за № 026 (4–7 апреля) опубликовано интервью В. Симоненко с Генеральным директором ПО «Маяк», депутатом законодательного собрания Челябинской области С.В. Барановым. Оно неизвестно широкой общественности, поэтому воспроизведём его с максимальной полнотой.

– Сергей Васильевич, Вы недавно встречались с губернатором Челябинской области Михаилом Юревичем. После встречи с Вами губернатор увлечённо рассказывал о проекте, связанном с возможностью создания нового производства по выделению ценных редкоземельных элементов. Что это такое?

– Мы предложили участие «Маяка» в создании на Урале высокотехнологичного кластера производства РЗ-соединений с при-

влечением инвестиций Госкорпорации. Речь идёт, в частности, о переработке техногенных запасов монацитового концентрата, находящегося сейчас в Свердловской области. Известно, что чрезвычайно дорогостоящие РЗМ – «хлеб» всех высокотехнологичных процессов, а пользующийся монополией на их производство Китай недавно ограничил их экспорт.

В этой ситуации Россия, с богатыми месторождениями и техногенными запасами минералов, содержащих РЗМ, а также с мощной промышленной базой, может стать крупнейшим поставщиком РЗ-продукции на мировой рынок. А Челябинская область и ПО «Маяк», обладающие соответствующими уникальными технологиями, – локомотивом возрождения отрасли переработки РЗ-металлов.

Сейчас Росатом ведёт разработку проекта соответствующей технологической платформы и проекта Федеральной целевой программы развития РЗМ на 2011–2015 годы и на перспективу до 2020 года. Мы вполне можем участвовать в этой программе на благо жителей Озёрска, области и всей страны.

– Губернатор поддержал «маяковцев» в этих планах?

– Да. Так же, как и по всем другим направлениям.

Сказаны хорошие деловые слова в части развития производства РЗМ. Они полностью отвечают и нашим устремлениям. Но вот цитата, помещённая в газете, вызывает огорчение. «За право размещения этого объекта (производство по выпуску ценных РЗЭ) будет вестись борьба со Свердловской областью, – констатировал Михаил Юревич. – Сырьё для комбината находится на их территории, и они же хотят его перерабатывать. Но поскольку серьёзных химических производств у наших соседей нет, то эту работу мог бы выполнить «Маяк». К тому же в сырье, которое находится на территории Свердловской области, есть доля Росатома, а Госкорпорация придерживается нашей точки зрения. Я буду встречаться на эту тему с Сергеем Кириенко и постараюсь убедить его в том, что Озёрску пора перестать быть моногородом и начинать развивать многостороннюю индустрию».

Не в этом ли причина медленного развития промышленности России, что автаркия стала нормой нашей жизни? Губернаторам надо не бороться друг с другом за право владения тем или иным объектом или продуктом, а именно работать в интересах всей страны. Думают ли об этом наши лидеры?

Выступая на открытии конференции РЗМ-2011 26 сентября, представитель ГК «Росатом» К. Комаров заявил: без РЗ-металлов

и продукции из них не обходится ни одно высокотехнологичное производство. В свою очередь, заместитель председателя Госдумы В. Язев сообщил, что губернаторам Челябинской и Свердловской областей дано задание проработать вопрос об организации производства РЗМ на Урале. А ранее, в Рекомендации Госдумы от 15 марта 2011 г. за его подписью сказано: «Поддержать комплексные инвестиционные проекты «Уральский технологический РЗ-кластер» и «Создание Кольского химико-технологического комплекса на основе минерально-сырьевой базы Мурманской области».

На упомянутой конференции РЗМ-2011 М. Логунов, заместитель начальника ЦЗЛ по науке ПО «Маяк» заявил: объединение полагает целесообразным развёртывание на своей площадке производства по переработке радиоактивных монацитовых песков, складированных в Свердловской области. У предприятия, по его словам, есть богатейший опыт «создания радиохимических технологий, включающих операции вскрытия материала, осветления растворов, разделения компонентов раствора и селективного разделения целевых элементов методом экстракции, осаждения, сорбции, хроматографии».

Принципиальная организационно-технологическая схема может выглядеть так – на «Маяке» проводится первичная переработка МК из Красноуфимска с получением концентратов Th и U, удаление долгоживущих радионуклидов, получение концентрата РЗО и получение побочной продукции (фосфата Na или K). В перспективе, пишет М. Логунов, «наше предприятие полагает возможным организацию у себя разделения РЗЭ на основные группы». Близкие идеи были высказаны нами, когда мы готовили предложения для рассмотрения на заседании Госдумы.

Радиохимический завод обладает установкой по разделению и очистке РЗЭ. Она основана на применении элютивной вытеснительной хроматографии. «В зависимости от применяемой композиции комплексов в элюенте можно получить достаточно чистые фракции европия, иттрия, самария, прометия, гадолиния».

На предприятии составлена программа экспериментальных работ с МК в количестве 50 кг, доставленных из ГУ «УралМонацит». Срок выполнения её – до июля 2012 г. в кооперации со специалистами ВНИИХТа.

Диссонансом на упомянутой конференции РЗМ-2011 прозвучало выступление В.Г. Бамбурова (в авторстве с группой авторитетных сотрудников Урала). О сути его сказано выше – для доработки технологии переработки МК потребуется ещё 3–5 лет. «В качестве

первого шага реализации потенциальных возможностей Уральских монацитов необходимо выполнить проект, в котором будут получены необходимые научно-технические данные к разработке ТЭО на технологию и опытное производство глубокой переработки монацита. При подготовке ТЭО следует предусмотреть ряд основных мероприятий». За подобной затяжкой, оторванной от практики «Маяка», совершенно отчётливо просматривается задача – сохранить всё (и сырьё, и передел, и конечные продукты) в собственности Свердловской области. Отсюда и неопределённости со списком предприятий, которые могут участвовать в проекте, вплоть до создания завода по переработке МК на промплощадках г. Щучий (Курганская область, завод по переработке фосфор-содержащих отравляющих веществ МО). Ничего не добавив нового, В.Г. Бамбуров с коллегами спешат закрепить права на интеллектуальную собственность участников проекта, думающих о получении РЗМ (через 3–5 лет!).

Назовём всех участников, привлекаемых к проекту будущего: ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», Снежинск; Институт ХТТ УрО РАН, Екатеринбург (Е-г); Физико-технологический институт УрФУ, Е-г; ГУПСО «УралМонацит Техно», Е-г; ОАО СвердНИИ Химмаш, Е-г; ПО «Маяк», Озёрск; Озёрский Технологический институт (филиал) МИФИ.

Мы не сомневаемся – если оставить учёных мужей из указанных структур без заработной платы на 1–2 месяца, то на третий месяц уже начнётся переработка МК из Красноуфимска.

3 февраля 2012 г. ПО «Маяк» посетил заместитель генерального директора «Росатома», руководитель блока по управлению инновациями В.А. Першуков. Он сообщил (Интерфакс, 07.02.2012), что ГК «Росатом» в течение 2012 г. планирует решить вопрос с организацией переработки МК. Выделено финансирование, идёт доработка технологической схемы. «Думаю, что это перспектива 2012 года, крайний срок – конец года» – добавил он.

После обращения к Губернатору М.В. Юревичу мы получили ответ (9.06.2012) от В. Курятникова, и.о. Министра промышленности и природных ресурсов Челябинской области. В ответе говорится: в настоящее время ПО «Маяк» совместно с ВНИИХТом занимается разработкой технологии переработки МК с выделением РЗО. «В 2011 году был получен опытный образец МК для проведения экспериментальных работ... Перспективная задача – создание опытного производства... В 2012 году запланировано проведение экспериментов в лабораторных условиях, формирование технологической

схемы и её комплексная лабораторная проверка. Сроки создания производства будут определены после завершения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ». Совершенно очевидно, что на ПО «Маяк» ничего не делается по программе передела МК, а приведённый ответ списан со статьи В.Г. Бамбурова с коллегами и противоречит тому, о чём заявил В.А. Першуков.

А как понять совместное заявление других сотрудников ВНИИХТа – В. Косынкина и Ю. Трубакова о переработке МК из Красноуфимска – проект, в котором участвуют 22 научные и производственные организации, предусматривает, что будет создано два предприятия: 1) завод по вскрытию концентрата в Красноуфимске с получением раствора суммы РЗ и Th-продукта и 2) завод по получению индивидуальных РЗ в г. Заречном.

Th-концентрат якобы уже «складировался в бетонных хранилищах с соблюдением всех современных требований по технике безопасности», а растворы из Красноуфимска якобы уже поставлялись в г. Заречный.

Разве было организовано тайное производство, которое обошлось в 200 млн долларов? Нет! «К сожалению, на последней стадии работ инвестор отказался от дальнейшего финансирования». Таким образом, фантазия выдана за реальное действие.

Ещё один проект ВНИИХТа, о котором упоминают Ю. Косынкин и Ю. Трубаков, предусматривал создание РЗ-производства в ОАО ЧМЗ со схемой получения Er, Dy и Gd (в объёме 2–3 т/год оксидов) как продуктов ядерного топлива (Er для реакторов РБМК, Gd – для ВВЭР, а Dy – для СУЗов). В качестве исходных материалов были намечены РЗ-концентраты, накопленные на Московском заводе полиметаллов за 50 лет эксплуатации предприятия. Проект не был реализован: «Когда цех уже был готов к пуску, оказалось, что все исходные материалы проданы за рубеж». Такова современная российская действительность, напоминающая цирковое представление.

Кто саботирует производство РЗМ в России? Возможно, на этот вопрос ответит Председатель правительства РФ Д.А. Медведев.

Переработка монацитового концентрата ведётся на многих предприятиях мира в течение десятков лет. Все схемы отработаны и нет необходимости изобретать новые. В заключении главы ещё раз напомним о комплексной переработке МК в щёлочно-карбонатных средах, предложенной сотрудниками РХТУ им. Д.И. Менделеева и Национального ядерного университета «МИФИ», Москва (Э.П. Магомедбеков и др.). Гарантируется получение следующих

ликвидных продуктов в расчёте на 1 т МК: K, N, P-содержащих минеральных удобрений – 1100–1300 кг; качественного концентрата РЗО – 540–600 кг; диоксида Th ядерной чистоты – 70–80 кг; закиси-окиси U ядерной чистоты – 6–10 кг.

Технологическая схема переработки включает следующие операции: вскрытие МК с использованием KOH, выделение Th и U из кека в карбонатные растворы и их карбонатный экстракционный аффинаж, выделение РЗЭ в азотнокислые растворы, их дезактивацию, разделение или осаждение карбонатного группового концентрата. Только при комплексной переработке МК, убеждают авторы, можно минимизировать объём РАО.

Экономическая оценка показала, что при комплексной переработке МК с получением указанных продуктов, затраты на потребляемые реагенты составят около 60 тыс. рублей на 1 т МК, а стоимость готовой продукции – около 110 тыс. рублей на 1 т МК.

Абсолютно прав академик Е.Н. Каблов: сегодня важно не создавать технологии, а умело их внедрять. Если у сотрудников ПО «Маяк» и ВНИИХТа не хватает опыта и знаний (или желания!) для внедрения технологии переработки МК, то следует обратиться к учёным других научных учреждений (но не из УрО РАН), или пригласить авторитетных консультантов из развитых стран.

России нужны РЗМ для инновационного развития промышленности. Это должны сознавать как руководители страны, так и специалисты, причастные к сырью и его переделу.

Глава VI. Возможные дополнительные источники сырья для получения РЗМ

В связи с ужесточением политики Китая в части экспорта бастнезитовых концентратов многие страны вернулись к добыче монацита. Несомненно – в будущем значительно возрастёт его роль как наиболее массового и недорогого сырья. Практика переработки монацита из складов г. Красноуфимска крайне необходима сейчас. Надо возродить РЗ-промышленность России и избавиться от импорта чрезвычайно дорогих металлов – до сотен долларов за килограмм. Это должны понимать все руководители нашей страны – от Губернаторов областей до Президента.

По содержанию Nd монацит мало уступает бастнезиту, но в нём много ThO_2 – в среднем около 7%. Ti, Zr и РЗМ в значительной мере связаны с россыпями. В нашей стране пока не выявлены богатые их концентрации, но стоит разрабатывать те россыпи, которые есть, приобретая практику по добыче, обогащению и разделению близких по физическим свойствам минералаов.

В м-ниях Nb-сырья, которые связаны с корами выветривания карбонатитов, монацита, как правило, мало, при больших трудностях его выделения и значительных потерях при обогащении.

По литературным данным, Россия владеет не менее 20% мировых геологических запасов РЗ-металлов, однако добыча их составляет примерно 2%, а производство изделий с добавками РЗМ – менее 1%. Хотя этот перекос планируется исправить до 2017 года (в рамках государственно-частного партнёрства), нигде не сказано, какие же мероприятия намечены. Надо твёрдо знать, кто и сколько выделит денег, какая технология переработки лежалого монацита будет принята за основу (мировая или местная уральская, за разработку которой якобы взялись учёные УрО РАН с обещанием через 3–5 лет подвести итоги своих улучшений), какая головная организация отвечает в целом за проблему РЗМ в стране и кто персонально является её куратором?

Провальный опыт переработки МК на ЧМЗ у В.Г. Бамбурова, доктора химических наук, советника РАН, уже есть. Виноваты «стрелочники» – слабо подготовленные рабочие завода. Через 3–5 лет доработки передела МК доктор наук может снова заявить о

продлении срока испытаний. Позиция затяжки убаюкала, вероятно, губернаторов Свердловской и Челябинской областей и присоединившихся к ним учёных из ГК «Росатом».

Совсем недавно и сотрудники компании, и ВНИИХТа, и ПО «Маяк» заявляли, что не позже конца 2012 года (намечался даже срок до июля) все вопросы с организацией переработки МК будут решены. Причины бегства от намеченных планов нам неизвестны. Выскажем предположение, что Росатом отказался от финансирования работы – лёгкие лантаноиды им не нужны, а «чужим» они не собираются помогать. ПО «Маяк» было обещано для начала 20–40 млн. рублей. С такой мизерной помощью производство в стране не может быть налажено.

Рост мировых цен на РЗО чистотой 99% за период 2009–2011 годов поражает. Приводятся такие цифры, $/кг: La – 4,55/123; Ce – 3,55/60; Pr – 13/215; Nd – 13,3/220. Производство РЗЭ Y-группы весьма ограничено – в пределах нескольких тыс. тонн в год. Цены на них более высокие, чем на перечисленные лантаноиды.

Потребность в РЗМ растёт как в гражданской промышленности, так и в военной. Любопытна следующая фраза в нашей печати: «Особенно чувствителен к РЗМ военно-промышленный комплекс США. Танк «Абрамс», крылатые ракеты «Томагавк», высокоточные «умные» бомбы и родар «Иджис Спай» не могут выпускаться без самария». А разве нашим вооружённым силам не нужны редкоземельные металлы? Хотелось бы услышать ответ от Д. Рогозина, недавнего представителя РФ в НАТО, знающего ситуацию.

Надо помнить уроки Великой Отечественной войны и крепить оборону с применением новейших материалов и технологий. «Промедление смерти подобно», – говорил ещё русский царь Пётр I. РЗМ – составная часть многих металлических сплавов, а их производство – основа безопасности страны. История учит: «не надо ждать, когда петух клюнет в темечко» или закричат об опасности «римские гуси».

15 млрд. долларов в год – таков рынок РЗМ в настоящее время при лидерстве Китая. Из зависимого покупателя Россия может превратиться в мудрого продавца, если будет проводить деловую политику, а не бесконечное обсуждение финансовых и спортивных проблем.

Выход Китая на рынок РЗЭ состоялся в 1981 году, после открытия и освоения коренного бастнезитового м-ния Баян-Обо. Потенциал его оценивается в 36 млн. т РЗО. У России есть свои гигантские м-ния, но они не осваиваются. А пример с монацитом из

Красноуфимска указывает на тупиковую политику областных властей, за спиной которых – слабо подготовленные люди.

С 1961 года монацитовый концентрат не перерабатывается, хотя запас его солидный – более 80 тыс. т. Ставился даже вопрос – не продать ли его по дешёвке или утопить в океане из-за Th-радиации.

Деловитость китайцев вызывает большое уважение. В крестьянские дворы завозились глина с ксенотимом из кор выветривания и необходимые реактивы. В бочках разводили глину водой, размешивали с добавлением сульфата натрия, фильтровали, добавляли в раствор щавелевую кислоту, после чего собирали осадок солей РЗМ с чистотой около 75%. Соли сдавали на частные предприятия. Переработка же концентратов полностью находилась в руках государства. В итоге, Китай за сравнительно короткий срок вышел на мировой уровень производства сырья – более 90%, с учётом эксплуатации Баян-Обо и около 60% мирового потребления РЗМ.

В Челябинской области есть неразведанные россыпи с альмандином и спессартином. В последнем много иттрия и, возможно, тяжёлых РЗМ, но пока никто не берётся сделать даже полный химический анализ. В институтах, куда мы обращались, требуют: сообщите цифру запасов. Вряд ли китайским крестьянам говорили что-нибудь подобное.

В сентябре 2010 г. Китай начал манипуляции с экспортом РЗ-сырья и продуктами. В ответ на возмущение США, Японии и других стран из Пекина сообщили, что сокращение сделано в целях экологической безопасности в соответствии с правилами Всемирной торговой организации.

В докладе на конференции РЗМ-2011 мы затронули вопрос о необходимости объединить усилия России и Казахстана в освоении россыпных м-ний с Ti, Zr и РЗМ для получения ильменита, рутила, циркона, монацита. Лучше и, вероятно, дешевле, если две страны в рамках СНГ будут совместно разрабатывать такие м-ния. Пример сотрудничества давно наметился; его необходимо укреплять и расширять.

Имея многочисленные россыпные м-ния, Россия практически не разрабатывает их. Ильменитовый, рутиловый и цирконовый концентраты поступают в нашу страну главным образом из Украины. На мировом рынке прогнозируется дефицит Ti и Zr; Украина это учитывает и, подобно Китаю, может в любой момент ограничить экспорт сырья с увеличением его стоимости.

По данным Л.З. Быховского и др. (1996, 2000), Россия готова к потреблению на действующих предприятиях около 200–300 тыс. т

ильменитового концентрата (в перспективе – свыше 400 тыс. т) и 20–40 тыс. т рутилового. Значительна потребность и в цирконовых концентратах – до 40 тыс. т в 2015 году (по другим оценкам – больше 100 тыс. т). Стоит думать и о закупках монацита, не ожидая, когда весь запас, хранящийся в России, будет исчерпан.

Мы, авторы настоящей работы, с оптимизмом смотрим в будущее, хотя наши разумные предложения «тонут» в кабинетах высоких начальников, часто не владеющих информацией, но с богатым опытом «игры в отписки». Достигнув высокого уровня знаний о проблеме РЗМ, остаёмся не услышанными в своей стране, тем более «переходим дорогу» тем, кто рьяно отстаивает идею получения РЗМ из фосфогипсовых отходов (после химического передела апатитовых концентратов) – в таком техногенном сырье – 0,3–0,7% РЗО.

Ниже приводим краткие сведения о пяти м-ниях России и только одном – из Казахстана. Данными по содержанию в них РЗ-металлов не располагаем; минералы-носители их несомненно присутствуют и могут быть выделены в процессе обогащения.

Месторождение «Центральное» в Тамбовской области представлено циркон-рутил-ильменитовой россыпью; содержание ZrO_2 в песках – 3,12 кг/м^3, TiO_2 – 22,70; запасы оксида циркония – 830,2 тыс. т.

Лукояновское в Нижегородской области: циркон-рутил-хромит-ильменитовые пески; ZrO_2 – 12,11 кг/м^3, TiO_2 – 32,06; запасы ZrO_2 – 374,0 тыс. т.

Туганское в Томской области: циркон-рутил-ильменитовые пески; ZrO_2 – 7,72 кг/м^3 или 0,42% (в разрабатываемом на Украине Малышевском м-нии – 0,27%); TiO_2 – 19,71 кг/м^3.

Георгиевское в этой же области – аналогичное; ZrO_2 – 4,87 кг/м^3 и TiO_2 – 17,10 кг/м^3.

Тарское в Омской области: циркон-ильменитовые пески; ZrO_2 – 3,02 и TiO_2 – 18,13 кг/м^3.

Прогнозные ресурсы титана в россыпях России связаны с Бешпагирским м-нием в Ставропольском крае (36,6 кг/м^3 TiO_2), Мадашенским в Красноярском (21,1), Катэнским в Хабаровском (10,0), а также с Филипповским участком Ордынского м-ния в Новосибирской области.

А.А. Кременецкий и Н.А. Архипова (2011) пишут, что по степени развития наукоёмких отраслей промышленности на основе редких металлов или с их добавками Россия во много раз отстаёт от индустриально развитых стран. С времён развала СССР в России не

создано ни одного нового РМ-производства. В то же время Китай за последние 10 лет занял практически монопольное (95–97%) положение в добыче и производстве РЗ-сырья и продукции.

Авторы призывают к освоению Бешпагирской Ti-Zr-россыпи в Ставропольском крае. Запасы рудных песков по категориям В + C_1 + C_2 оцениваются в 22,6 млн. м^3, TiO_2 – 527,6 тыс. т и ZrO_2 – 165,8 тыс. т. Прогнозные ресурсы района, по А. Кременецкому и Н. Архиповой, более чем в 20 раз превышают утверждённые запасы. Авторы ставят вопрос о возможном строительстве двух горно-обогатительных предприятий: ГОК № 1 – на основе балансовых запасов Бешпагирского м-ния с последующим вовлечением в отработку прогнозных ресурсов; ГОК № 2 – на основе прогнозных ресурсов Правобережного россыпного поля с первоочередным освоением Камбулатовского участка. Общий объём инвестиций по расчётам ИМГРЭ, необходимый для освоения указанных россыпей при производительности 1,5 млн. м^3, оценивается в 3,9 млрд. руб. при сроке окупаемости 5–6 лет и ВНД 13,8–15%. Суммарная годовая стоимость продукции двух ГОК-ов составит около 2 млрд. руб., а чистая годовая прибыль – около 570 млн. руб. Выпуск товарных концентратов будет таким: ильменитового – 80 тыс. т/год, рутилового – 26 и цирконового – 2,5 тыс. т. Это позволит закрыть текущую потребность промышленности России в цирконовом концентрате полностью, а в Ti-концентратах – на 60% и сократить ежегодный объём импорта почти на 50 млн. долларов.

Ставропольский край является дотационным регионом с острой проблемой безработицы. Освоение минерально-сырьевой базы явится хорошим подспорьем для его социально-экономического развития. Количество новых рабочих мест в добывающей и смежных отраслях увеличится на 20 тысяч.

Нашим институтам следует чаще выступать в печати с экономической оценкой м-ний; необходимо привлекать инвесторов и сокращать сроки освоения объектов – от разведки до начала эксплуатации.

Большая часть россыпных м-ний в России лицензированы, но не вовлечены в разработку из-за относительно низкой рентабельности. Наиболее подходящими для освоения по технико-экономическим показателям назывались Центральное, Бешпагирское и Туганское м-ния. Они расположены в районах с развитой инфраструктурой и могут отрабатываться карьерным способом. Было даже сообщение в печати, что Горнопромышленная компания «Титан» приступила к реализации первого этапа проекта по освоению Центрального

7-1011

м-ния в Тамбовской области с предварительным объёмом инвестиций в 600 млн. долларов. О дальнейшем развитии событий мы не встретили сообщений – скорее всего, инвестор отказался от намерения. Отметим, что названное м-ние представляет собой пластовую залежь глауконит-кварцевых песков с ильменитом (30–36 кг/м^3), рутилом (6–9) и цирконом (5,0–7,7); TiO_2 – 1,9% и ZrO_2 – 0,41%. Рудный пласт занимает площадь 12,5 тыс. га при средней мощности 6,5 м и бортовом содержании условного ильменита – 50 кг/м^3. Глубина залегания пласта – в пределах 4–8 м (табл. 6-1). Для освоения была намечена площадь в 3,5 тыс. га.

Таблица 6-1

Пример россыпных месторождений России
с их технологическими параметрами (по Е.Н. Левченко, 2004)

№№ п/п	Месторождение	Характеристика песков	Продукт. класс, мм	Глин-ть, % (0,02 мм)	Глубина пласта, м
1	Центральное	Ср. и тонкозерн.	-0,14+0,02	3,50	4–8
2	Лукояновское	Тонкозерн. с пов. сод. глин. фракции	-0,074+0,02	20,57	4–50
3	Тарское	«	-0,10+0,02	10,81	65–85
4	Ордынское	Тонкозернистые	«	8,70	132–136
5	Бешпагирское	Ср. и тонкозерн.	-0,14+0,02	0,69	5–40

Продолжение

Содержание в исходных песках, %

Мест-е	Рудные минералы	Ильменит	Рутил	Циркон	TiO_2	ZrO_2
1	2,82	1,96	0,46	0,40	1,86	0,35
2	2,77	1,78	0,26	0,73	1,86	0,57
3	3,10	2,42	0,09	0,59	1,64	0,54
4	1,92	1,52	0,11	0,31	1,15	0,19
5	3,26	1,95	0,49	0,82	1,98	0,61

Бешпагирское м-ние, как и Центральное, представляет собой выдержанную горизонтальную залежь; пески кварцевые, мелкозернистые. Протяжённость рудного пласта – около 7 км. Наиболее изучен Южный участок, где циркона – 10,8–12,3 кг/м^3; рутила – 6,8–7,1; ильменита – 36,5–56,4 и лейкоксена – 7–8.

Третье м-ние, перспективное для освоения, Туганское. Оно состоит из 5 разобщённых участков, два из которых – Южно-Александровский и Кусково-Ширяевский представляют промышлен-

ный интерес с запасами более 100 млн. $м^3$ песков. Лучше первый: мощность рудного пласта в нём около 5 м; глубина залегания – до 7 м; содержание циркона – 11 $кг/м^3$, ильменита – 30,0 и рутила с лейкоксеном – 4,65 $кг/м^3$.

Кроме Бешпагирской россыпи в центрально-европейской части России известны Камбулатовская, Кирсановская, Стародубская, Унечская, Бутовская, Истобинская и др., а в Сибирском регионе – Борисово-Павлодарская, Чикская, Зашихинская и другие. Прогнозные ресурсы этих россыпей весьма значительны; требуется их доразведка.

На Совете по инвестициям Новосибирской области был рассмотрен вопрос о строительстве ГОКа с целью освоения Ордынского м-ния в 2010–2014 годах при плановом выпуске ильменитового концентрата 51,5 тыс. т/год, цирконового – 15,4 и рутилового – 4,0. Данных о реализации намеченного строительства пока нет.

Причин, сдерживающих освоение россыпных м-ний России, много, но их надо решать. Сегодня же Россия импортирует цирконовые концентраты и титановую продукцию с Украины по завышенным ценам против мировых. В числе отрицательных причин для освоения россыпей в нашей стране, кроме низких содержаний рудных минералов, большой глубины залегания пластов, их высокой глинистости, присутствия хрома в ильменитовых концентратах, называется повышенная радиоактивность отдельных м-ний. К ним стоит проявить особый интерес из-за возможного присутствия высоких содержаний монацита и метамиктного циркона. Следует также на современном уровне провести ревизионные работы по обогащению минерального сырья и изучить на практике новые методы эксплуатации россыпей.

В течение 50–70-х годов прошлого века уральские геологи провели на территории Казахстана большой объём поисковых и разведочных работ. В результате были открыты и в разной степени изучены десятки россыпных м-ний. Остановимся лишь на Тобольском. Ценность отчётных данных сотрудников Уралмеханобра и ВИМСа в том, что наряду с геологической характеристикой объектов приводятся данные по минералогии россыпей и обогатимости с указанием крупности материала и распределения его по классам.

Тобольское Ti-Zr-TR-м-ние находится в Кустанайской области, в 60 км на восток от г. Джетыгара. Представляет береговую россыпь вокруг озера Шебенды-Сор, сложенную в основном кварцевым песком. Мощность продуктивного горизонта с зонной концентрацией

рудных минералов (от 10 до 100 кг/м^3, редко больше) изменяется от 0,25 до 3,0 м; средняя – 2,25 м. На м-нии выявлено 14 изолированных участков площадью от 0,4 до 3,5 км^2. Утверждены запасы по девяти участкам; среднее содержание ильменита в них равно 41,84 кг/м^3, рутила и лейкоксена – 4,91 и циркона – 4,51. К перечисленным минералам следует добавить монацит – до 7,5 кг/м^3 (в среднем – 0,39 кг/м^3). Оксидов редких земель в нём – 63,30%, урана – 0,1–0,3 и окиси тория – 4,6–4,9. Содержание ильменита изменяется в пределах 18,0–67,7 кг/м^3; рутила – 2,6–7,4; циркона – 2,0–8,2 и монацита – 0,2–0,7 кг/м^3. Если повторить на современном уровне аэрорадиометрическую съёмку, то сразу удастся выделить богатые по циркону и монациту участки. Запасы м-ния оценены в 407,3 тыс. т TiO_2, ZrO_2 – 47,4 и РЗО – 6,3 тыс. т.

Была исследована на обогатимость одна средняя технологическая проба песков из 20-ти горных выработок, входящих в промышленный контур м-ния. Рудные минералы (рутил, ильменит, циркон, монацит) находятся в основном в классах песка меньше 0,2 мм. Схема обогащения включала: промывку и классификацию, концентрацию и флотогравитацию на столах и магнитную сепарацию в сильном поле.

Е.Н. Левченко (2004), ссылаясь на экологические аспекты (использование токсичных реагентов), пишет, что в настоящий момент для обогащения Ti-Zr-песков флотационные фабрики не проектируются. Для снижения потерь мелких зёрен рудных минералов используется новое эффективное оборудование: вибрационные грохоты, винтовые шлюзы, высокочастотные отсадочные машины, центробежные концентраторы, роторные электромагнитные сепараторы с высокой индукцией поля, пластинчатые электрические сепараторы и др. С учётом прошлых результатов по обогащению стоит провести новое исследование, применив современное оборудование. Оно покажет, смогут ли Россия и Казахстан, достигнув договорённости и рассчитав экономический эффект, уменьшить импортную зависимость от дефицитных видов сырья – рутила, циркона, монацита (в последние годы Казахстан полностью обеспечил себя Ti-сырьём). При минимальных затратах желательно обеспечить максимум извлечения рудных минералов и не ухудшить экологическую обстановку.

Выше упомянутая технологическая проба весом 23 тонны была взята с учётом полной мощности продуктивных отложений. Анализ показал следующие содержания в ней компонентов, вес. %:

TiO_2 – 6,43; ZrO_2 – 1,02; SiO_2 – 68,70; Al_2O_3 – 7,83; Fe_2O_3 (общее) – 6,65; сумма CaO, MgO, MnO – 3,63; Cr_2O_3 – 0,28 и V_2O_5 – 0,09. Характеристика концентратов даётся в табл. 6-2. Тяжёлые минералы представлены ильменитом, рутилом, титаномагнетитом, цирконом, кианитом, эпидотом, гематитом; в небольших количествах находятся лейкоксен, монацит, турмалин, гранат и др. По магнитным свойствам разделяются Ti-магнетит и ильменит; рутил и циркон остаются в немагнитной фракции; вместе с ними будет и монацит.

Таблица 6-2

Показатели обогащения технологической пробы

Продукт	Выход, %	TiO_2, %	ZrO_2, %	Извл. TiO_2, %	Извл. ZrO_2, %
Ильменитовый концентрат	9,62	47,10	0,11	70,56	1,04
Рутиловый	1,31	74,12	1,94	15,29	2,40
Цирконовый	1,78	1,18	54,0	0,36	93,41
Хвосты	87,29	0,97	0,038	13,79	3,15

Распределение Ti-минералов и циркона по классам крупности показано в табл. 6-3 (содержания – в относительных %).

Таблица 6-3

Ti-минералы и циркон в классах меньше 0,15 мм

Минералы	150–200 меш	200–250 меш	-250 меш	Всего
Ti-магнетит	6,70	72,31	18,35	97,36
Ильменит	18,10	74,60	6,78	99,48
Рутил	19,11	60,10	19,83	99,04
Лейкоксен	79,27	12,71	3,30	95,28
Циркон	1,53	40,20	57,49	99,22

Как видно из табл. 6-3, циркон по размерам зёрен наиболее мелкий. Содержание кварца в технологической пробе – 81,1%; в классах больше 0,10 мм его – 92–99%; такое распределение позволяет сразу от него избавиться путём грохочения. В результате испытаний были получены ильменитовый концентрат (TiO_2 – 42,43%; Cr_2O_3 – 3,08; ZrO_2 – 1,03 и V_2O_5 – 0,24; другие компоненты нами опущены), рутиловый (79,84 – 0,71 – 2,00 – 0,26), I-й цирконовый (ZrO_2 – 60,02%)

и II-ой цирконовый (порядок компонентов – как и выше: 0,70 – 0,12 – 46,50 – 0,09).

Рекомендуемая технологическая схема включает: 1) промывку и классификацию песков; 2) двойную концентрацию песков на сотрясательных столах; 3) обезвоживание и сушку коллективного концентрата (КК); 4) магнитную сепарацию КК при напряжённости 6000 эрстед; 5) концентрация на столе немагнитного продукта; 6) флотацию на столе рутилового промпродукта; 7) обезвоживание и сушку всех полученных концентратов. Извлечение титана составило 85%, а циркония – 93%.

Изучение обогатимости Ti-Zr-россыпей м-ния проводилось также в ВИМСе. Из одной пробы были получены ильменитовый концентрат (TiO_2 – 48,80% и ZrO_2 – 0,48%), рутиловый (89,24 и 1,15) и цирконовый (0,39 и 63,40). Из другой пробы – аналогичные по содержанию компонентов результаты.

Основные рудные участки Тобольского м-ния засняты топографами в 1955 году в масштабе 1:2000. По существу, после небольших затрат можно начинать эксплуатационные работы. При договорённости глав правительств России и Казахстана возможна следующая схема освоения м-ния: 1) испытание средней пробы песков весом 15–20 тонн на обогатимость; 2) в центре м-ния (пос. Шебендовский) строится цех для грохочения, а в г. Троицке Челябинской области, близ границы с Кустанайской областью – обогатительная фабрика для получения Ti-Zr-концентратов с выделением монацита.

Желательно продолжить изучение Кумкольского м-ния, расположенного недалеко от г. Орска. Прогнозные запасы его довольно значительны: TiO_2 – около 16 млн. т, ZrO_2 – 2 млн. 369 тыс. т и TR – 63675 т. Наиболее крупными являются Восточная и Юго-Восточная залежи. Площади их колеблются от 3 до 5,5 $км^2$ при средних мощностях рудного горизонта от 5,5 до 13,2 м. Ильменита в одном кубическом метре песков – 30,2 кг, рутила – 2,45 и циркона – 4,25. В летний период 1968–69 годов ВИМСом с применением винтового сепаратора (не очень подходящего для выделения полезных минералов с крупностью меньше 0,1 мм) был получен КК весом около 40 т. Извлечение ильменита составило 81%, рутила – 85 и циркона – 94%.

Опыт сотрудничества России и Казахстана в рамках СНГ имеется. Катугинское м-ние в Забайкальском крае лицензировано ООО «Горные технологии». Доля ГК «Росатом» в разработке м-ния составляет 51% и «Казатомредмета» – 49%. Содержание компонентов в рудах: оксида Nb – 0,352%; оксида Ta – 0,021; ZrO_2 – 1,58 и РЗО – 0,389%

(общие запасы последних – 48,0 тыс. т; 50–60% составляют в них элементы Y-группы). Основные минералы-концентраторы РЗО: пирохлор, гагаринит, иттрофлюорит.

По прогнозу специалистов ИМГРЭ в ближайшие годы на российском рынке сохранится дефицит ниобия и редкоземельных металлов. Параллельно с освоением своих ресурсов РМ и РЗМ нельзя исключать их импорт, а также активное участие в освоении м-ний за рубежом, по примеру США и Китая.

Стоит упомянуть и Киргизский ХМЗ в пос. Орловка, который перерабатывал иттросинхизит с м-ния Кутессай-II. В 1991 году, как мы писали выше, завод остановили, а в 2009 г. продали канадской компании Stans Energy Corp. Очень жаль, что это не сделали фирмы России.

20 января 2012 года торговый представитель РФ в Киргизии, директор ВНИИХТа и специалисты канадской компании вели переговоры с высокими представителями Киргизии. В ходе встречи обсуждались вопросы, связанные с организацией сотрудничества по восстановлению и модернизации производственного комплекса Кутессай-II. К какому решению пришли участники встречи – неизвестно. Нет у нас и полных данных о проекте федеральной целевой программы «Редкие земли». Желание достичь к 2020 году 10% мирового потребления РЗМ в рамках Евразийского союза представляется нам слишком оптимистичным. Может Казахстан, сотрудничая с Китаем и Японией, продвинется в удовлетворении своих потребностей в РЗМ, а вот Россия и Киргизия – вряд ли. Слишком много словесных заверений на фоне отсутствия практических подвижек при мизерном финансировании.

В марте 2010 г. Казатомпром и японская корпорация Sumitomo подписали учредительный документ по созданию совместного предприятия «Sareco» в области редких и РЗ-металлов (с долей 51 и 49%). Головной офис СП будет располагаться в г. Усть-Каменогорске. Казахстан стремится к созданию в своей стране высокотехнологичного производства и это необходимо учитывать политикам и промышленникам России.

Наше предложение о совместной разработке россыпных м-ний на границе двух государств может быть реализовано в короткие сроки, при небольших затратах и, надеемся, с большим экономическим эффектом. Тонина рудных минералов в промышленный наш век не может служить препятствием для освоения м-ний.

Заключение

21 июня 2010 г. за № 1039-р распоряжением Правительства РФ за подписью В. Путина утверждена «Стратегия развития геологической отрасли до 2030 года». Являясь базовой составляющей экономики страны, геологическая отрасль призвана обеспечить минерально-сырьевую, энергетическую и экономическую безопасность РФ, а также реализацию её геологических интересов. В общей форме говорится о необходимости формирования «высокоэффективной, инновационно ориентированной системы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы», как на современном этапе, так и в долгосрочной перспективе. В числе важных задач развития отрасли называются охрана недр и рациональное использование сырья с максимальным извлечением всех ценных компонентов при технологическом переделе. В связи с истощением ресурсной базы в традиционных районах добычи сырья возрастает роль новых территорий, в том числе континентального шельфа и внутренних морей.

Дефицит отдельных видов сырья удовлетворяется в России за счёт импорта. «Причинами этого являются отсутствие или неблагоприятное геолого-географическое размещение качественных руд, а также наличие технологических сложностей добычи, обогащения и переработки минерального сырья». С этим утверждением нельзя согласиться. Пример с лежалым красноуфимским монацитом показывает недопонимание властными структурами ценности сырья и игнорирование мирового опыта его передела с получением важных редкоземельных элементов. Даже сейчас, когда потребление их достигло в отдельных странах десятков тысяч тонн РЗО (с авторитетом Китая), в нашей стране продолжается затяжка с началом передела. Называется банальная причина – «необходимость доработки технологии». Ещё 3–5 лет и можно кричать «ура»! После 2017 года «мудрые учёные головы» придумают новые причины затяжки, тогда как мировое потребление РЗО превысит 200 тыс. тонн!

В «Стратегии развития» справедливо говорится, что «действующая система государственного регулирования отношений недропользования не создаёт достаточных условий для привлечения инвестиций недропользователей в геолого-разведочные работы». Если

во многих странах на цикл открытия месторождения до начала его освоения требуется срок от 1 до 5 лет, то в нашей стране – от 5 до 15 лет. Понятно, что в бурно развивающемся XXI веке подобная брешь недопустима.

«Стратегия развития» включает необходимость внедрения современных технологий обогащения и переработки минерального сырья, его комплексного использования. С этими вопросами у нас в стране недопустимое отставание. В 1991 г. была опубликована замечательная работа А.И. Николаева «Переработка нетрадиционного титанового сырья Кольского полуострова». Приведены схемы обогащения руд с получением концентратов перовскита, сфена, титаномагнетита и схемы их переработки. Увы, до сих пор указанные концентраты лежат в отвалах. На очереди эвдиалит, спессартин и десяток других ценных минералов.

Давно поставлена задача о создании Кольского химико-технологического комплекса (КХТК), предназначенного для обеспечения потребностей страны в титане, редких металлах и стратегических материалов на их основе. Будет ли решена поставленная задача до середины или конца XXI века – не ясно. Скорее всего – нет! Слишком заражены руководители нашего государства спортивным азартом в ущерб разработке и реализации инновационных проектов. Недостаток финансирования тех или иных работ со стороны государства удерживает и частных инвесторов. Миллиарды долларов «уплывают» в чужие страны.

По словам Е.А. Козловского, бывшего министра геологии СССР в 1975–1989 годах, принятая Правительством РФ в 2010 году «Стратегия развития геологической отрасли до 2030 года» изобилует декларативными положениями при отсутствии конкретных формулировок. Что не удивительно: она готовилась в чиновничьих кабинетах, без учёта имеющегося огромного опыта и мнений специалистов-производственников». В краткой форме проследим за аргументами этого уважаемого учёного, в настоящее время вице-президента РАЕН.

В беседе с Президентом РФ Д.А. Медведевым немецкие журналисты заметили, что модернизация российской экономики не очень продвинулась за последние годы. В ответ услышали следующее: «Зависимость нашей экономики от сырья возникла не в то время, когда Путин был президентом, а уже 40 лет назад. Чтобы это изменилось, требуется достаточно длительное время». Это заявление Д.А. Медведева, говорит Е.А. Козловский, не является верным. В 1970 г.

сырьевые ресурсы были необходимы в первую очередь для внутреннего развития экономики страны. В структуре экспорта СССР доля топливно-энергетических товаров (ТЭТ) составляла 15,7%, машин и оборудования – 21,5%, продовольствия и с/х сырья – 8,4%. В 2009 году экспорт ТЭТ в России составил 69,1%, машин и оборудования (в основном военного назначения) – 6%, продовольствия и с/х сырья – 3,4%. По стоимости: экспорт ТЭТ СССР в ценах 1970 г. был равен 1,92 млрд. долларов, а в 2008 г. достиг 317,4 млрд. долларов. Из этих цифр видно, что зависимость страны по этой статье значительно выросла.

Произошло это потому, объясняет Е.А. Козловский, что подавляющая часть унаследованного от СССР потенциала, не получив должного развития, постепенно деградировала. Новым руководителям пришлось усиленно эксплуатировать сырьевой сектор, заделывая многочисленные бреши в бюджете, банковско-кредитной системе, социальной сфере. Корреспонденты журнала «Металлы Евразии» разделяют это мнение. В свою очередь они пишут, что именно минерально-сырьевая база, прираставшая на протяжении десятилетий крупными открытиями, «дала возможность России выжить в 90-е годы и стабильно существовать в 2000-е». С 2000 по 2010 год из нашей страны вывезено 1 трлн. 917,8 млрд. $м^3$ природного газа, 2 млрд. 236,8 млн. т сырой нефти и 917 млн. т нефтепродуктов. Все эти богатства потянули на 1 трлн. 390 млрд. 642 млн. долларов. Сколько из этой суммы было разворовано всякого рода «прихватизаторами» – неизвестно. Ясно только, что новоявленные миллиардеры России не были в стороне от указанной выручки.

Минерально-сырьевой комплекс, по Е.А. Козловскому, спас Россию от коллапса, который нависал над страной «все эти годы так называемой стабильности». Современные управленцы оказались неподготовленными, чтобы достойно распоряжаться уникальными ресурсами в направлении технологического прогресса.

На примере изучаемого нами сырья видно, что предложений по его переработке масса, а в реализации – ни одного. Редкие и РЗ-металлы в значительной части среди тех, которые Россия закупает. Национальная безопасность страны попадает, таким образом, под угрозу.

«Для огромной, не достаточно изученной территории РФ, крайне важно заниматься опережающим, стратегическим исследованием недр. Перспективы открытия новых месторождений в России огромны». С первым тезисом можно согласиться, а вот на открытие

и детальное изучение новых месторождений вряд ли надо тратиться сейчас. Пора разрабатывать крупные, давно открытые месторождения, с максимальной полнотой извлечения ценных компонентов и их дальнейшей комплексной переработке.

Пример бокситового сырья (ограниченного в нашей стране) всем известен. В небольшом объёме извлекается из него галлий, а титан, цирконий, скандий, ванадий в своих носителях находятся в массе отвального железистого шлама. Нами давно показано, что скандий концентрируется в магнитной фракции байеровских шламов после переработки бокситов СУБРа. 400–500 г/т оксида скандия – хорошие содержания. Их надо «брать» сейчас, а не увлекаться пропагандой Томторского м-ния в Якутии как редкоземельного и скандиеносного. Заработав деньги на уральском скандии (из бокситовых шламов или отходов Качканарского ГОКа), можно привлечь их для технологических разработок извлечения других металлов. Кстати, в красных шламах до 50% Fe_2O_3 и их можно рассматривать как железорудное сырьё. В России же по этому вопросу, особенно на Урале, ведутся лишь споры, а на Кольском полуострове, о чём упоминалось выше, в отвалах лежит и титаномагнетит (TiO_2 в нём 15–25%).

На вопрос об оценке использования имеющейся сырьевой базы, Е.А. Козловский ответил: если бы экспортируемое сырьё перерабатывалось с той же глубиной, как в США, то экономика России могла бы стать второй в мире. «Но пока сложившаяся у нас экономическая система, в том числе налогообложение, стимулирует экспорт ресурсов, а не их переработку».

Россия гордится своим лидерством в экспорте нефти и газа, в то же время цены на бензин и газ систематически в стране повышаются. За неудачи Правительства в управлении страной расплачивается многократно ограбленный и униженный российский народ. Ещё Н.А. Некрасов хотел видеть Матушку – Русь не убогой и бессильной, а могучей и обильной!

Безумная погоня за быстрой прибылью в России привела, по Е.А. Козловскому, к тому, что «в недрах остались не извлечёнными около 15 млрд. т ценнейшего сырья, что сопоставимо с суммарной добычей за всю историю нефтяной промышленности России. Подобные упущенные возможности и доходы имеют место в использовании и других видов природных ископаемых». Вспомним глупую разборку, а не выбросить ли 80 тыс. т монацитового концентрата в океан? Скорейший передел этого сырья сулит огромный доход в миллиарды долларов. Надо начинать, а не вязнуть в бесконечных

обсуждениях технологических нюансов и спорах о дележе будущей прибыли. ГК «Росатом» и Правительства двух уральских областей обязаны изыскать средства для передела МК с дальнейшей передачей РЗЭ во многие отрасли промышленности.

Выдающийся учёный, Нобелевский лауреат Жорес Алфёров назвал создание отраслевых министерств «крупнейшим изобретением советского периода». А вот сегодняшние министерства, по словам Е.А. Козловского, «это глубоко эшелонированная бюрократическая система, где постоянно плодятся коррупция и непрофессионализм». Свои предложения по стратегии развития и использования минерально-сырьевого потенциала этот автор рекомендует Правительству. В заключении беседы с журналистами он говорит: «Ещё в 2004 году в письме на имя В.В. Путина члены бывшего Правительства СССР – Н.К. Байбаков, С.В. Колпаков, М.И. Шадов, М.С. Зотов и я – пытались обратить внимание на то критическое состояние, в котором оказался минерально-сырьевой комплекс России. Были и другие обращения на ту же тему. В ответ – тишина!». За стеной молчания можно спрятаться на какой-то срок, но это – ущербная практика. Мы солидарны с Е.А. Козловским: Россия обязана «по-настоящему заняться развитием собственной минерально-сырьевой базы и на этой основе других промышленных отраслей. Иначе мы неминуемо окажемся на задворках мировой истории».

К нашим скромным усилиям по развитию РЗ-промышленности на Урале с пониманием относятся в Министерстве промышленности и науки Свердловской области, а вот с аналогичным Министерством Челябинской области не удаётся достичь взаимопонимания, как и с ПО «Маяк» в г. Озёрске. Муравьи сильны своим сообществом. Людям надо брать с них пример и продвигаться к улучшению своего бытия с использованием разных товаров, в том числе на основе или с добавками РЗМ. Особенно важны РЗМ во многих высокотехнологичных областях применения.

В статье «По следам упущенных возможностей» (Металлы Евразии, 2011, № 3) Е.А. Козловский рассматривает вопрос – как восстановить редкометалльную промышленность в России? Повторяются многие общеизвестные факты – о политике Китая в области РЗ-сырья, о запасах такого сырья в России (17 месторождений с суммарными запасами 28 млн. т РЗО), о применении РЗМ и другие. Ничего не говорится о монацитовом концентрате из Красноуфимска, о возможности его передела на ПО «Маяк», о трудностях добычи лопаритового сырья на Ловозерском месторождении, о не-

обходимости восстановления предприятий по разделению РЗО, о возможности модернизации и расширения Соликамского магниевого завода и других первоочередных задачах. В числе сырьевых минералов называются эвдиалит и апатит. Первый, несомненно, будет добываться и перерабатываться (в нём широкий спектр редких металлов), а из второго — по схеме азотнокислотного вскрытия можно получать РЗО уже сейчас. Подробно об апатите мы говорили выше. Из статьи в статью «кочуют» утверждения, что в зарубежных странах из апатита давно извлекаются РЗМ, но никто не обсуждает вопрос, почему это не делается у нас? «Свыше 90% производимых в России фосфорных и комплексных удобрений направляются на экспорт, а за рубежом из этого сырья успешно извлекают РЗМ», — пишет Е.А. Козловский. Здесь допущена ошибка — получать РЗО можно лишь из апатита, а не из произведённых удобрений. «Общая производственная мощность предприятий, работающих по азотнокислой схеме, достигает 1 млн. т по апатитовому концентрату, что позволяет производить по разработанным технологиям более 5 тыс. т РЗО стоимостью 500 млн. долларов. При доработке технологии получения РЗМ при сернокислотном переделе апатита этот объём может быть увеличен до 26 тыс. т РЗО». Магия цифр впечатляет, но никак не выходят на получение РЗМ из апатита наши фирмы. Из ИХТРЭМСа не ответили на запрос: «стоит ли овчинка выделки», т.е. получение РЗМ из апатита и при сернокислотном переделе?

Е.А. Козловский прав: чтобы поднять РЗ-промышленность России на должный уровень, необходимо разработать правительственную программу — как организовать производство продукции, как стимулировать её использование, как добиться совершенствования минерально-сырьевой базы. Одной из мер стимулирования может стать введение запретительных таможенных пошлин на экспорт РЗМ.

Производство РЗМ из сырья Хибинских месторождений возможно, по автору, на заводах с азотнокислотной технологией — Кирово-Чепецком МЗ и предприятиях группы «АКРОН» — в Великом Новгороде и Дорогобуже. Мы присоединяемся к этому предложению. Надо пробовать!

В беседе с журналистами академик НАН РК Абдурасул Жарменов рассказал о развитии РМ и РЗ-производств в своей стране (по материалу Казинформ от 31.01.2006 г.). Считаем полезными его высказывания и для российских специалистов. Они во многом созвучны тем задачам, которые у нас обсуждаются и дискутируются длительное время, но не находят законодательных решений.

Во всём мире резко возросла роль редких и РЗ-металлов. Это известно всем: они применяются в атомной энергетике, радиоэлектронике, авиационной и ракетной технике, машиностроении, в химической и медицинской промышленности, в производстве полупроводниковых материалов и др. Расширяется список областей применения, возрастают требования к их чистоте. Развитию отрасли в республике, по А. Жарменову, мешают потери рынка в период реформирования экономики и отсутствие производств с использованием редких металлов, слабое развитие сырьевой базы. Вся РМ-продукция, которая производится и экспортируется (концентраты, промпродукты, металлы, их соединения), сертифицирована и соответствует международным стандартам, а также требованиям отдельных потребителей. В Казахстане задумываются о производстве сверхчистых материалов.

Важный для России и Казахстана вопрос – кто регулирует производство наукоёмкой продукции? А. Жарменов отвечает: «Рачительное отношение к природным богатствам является прерогативой государства, и должно быть оформлено законодательством о недрах и недропользовании и комплексном использовании минерального сырья с селективной утилизацией всех ценных компонентов в товарные продукты. Существующее законодательство не регулирует комплексность использования сырья и переработку». Примеров «хищнического» отношения к недрам в наших странах предостаточно.

Казахстан мало использует свой потенциал поставок редких металлов на мировой рынок – всего около 8–10%. В республике нет отраслей, где могут использоваться чистые редкие и РЗ-металлы (оптико-волоконная связь, атомная энергетика, вычислительная техника и др.); по этой причине страна ежегодно теряет миллиарды долларов. Необходима Государственная программа развития высокотехнологичной продукции.

На вопрос, что надо сделать в этой части, последовал ответ: необходимо государственное регулирование, инициирование новых производств и создание химико-аналитических центров по сертификации продукции.

В России, когда заходит речь о редких металлах, предприниматели чаще всего прикидывают, какую продукцию и сколько её можно продать за рубеж с получением солидного барыша. Интересы своего государства, в том числе в военной области, стали отходить на второй план.

Недропользование, заключает беседу А. Жарменов, должно быть прозрачным, чтобы руководители страны могли оперативно управлять минерально-сырьевым комплексом и сохранять контроль за извлечением всех ценных компонентов.

Пример наших соседей весьма поучителен в деле развития Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината. Кратко остановимся на его продвижении к полной самостоятельности. Может и в России удастся воспользоваться ценным опытом при оживлении и дальнейшем развитии РМ и РЗМ-отраслей, находящихся сейчас в упадке.

Ti-Mg-промышленность в СССР была создана на базе Ti-Zr-месторождений Украины (Верхне-Днепровский и Иршанский ГОКи) и Mg-сырья России (Соликамская группа м-ний). Три комбината – Запорожский на Украине, Березниковский на Урале и Усть-Каменогорский в Казахстане обеспечивались на полную производственную мощность за счёт указанных м-ний.

В 1989 г. ГКЗ СССР утвердила запасы Обуховского Ti-Zr-россыпного м-ния в Акмолинской области. С 1991 г. в РК начались активные работы по созданию полноценной минерально-сырьевой базы Ti-сырья, а с января 1992 г. – по развитию Ti-промышленности. На разработку программы ушло почти полтора года. Кроме создания собственной сырьевой базы предусматривалась переработка сырья в титановый шлак, увеличение единичной мощности металлургического оборудования, сертификация по международным стандартам продукции, снижение техногенного прессинга на экологию. Надо было организовать несколько переделов: получение Ti-шлака, затем Ti-слитков и сплавов и конечных изделий с высокой добавленной стоимостью. Были разведаны и утверждены запасы кроме Обуховского ещё на двух м-ниях Ti-Zr-песков – Шокаш в Актюбинской области и Караоткель в Восточно-Казахстанской. Разработана технология получения Ti и Zr-концентратов. Начали создаваться горно-обогатительные предприятия для освоения м-ний.

В 1993 г. в РК была создана координационная группа «ТИТАН» под руководством Е.М. Селифанова, директора ТОО «Геоинцентр», лауреата Ленинской и Государственной премий СССР, лауреата премии Совета Министров СССР; в 1987–1991 гг. Министра геологии Казахской ССР. Специально перечислили все заслуги этого выдающегося геолога, чтобы показать, под чьим руководством росла и развивалась Ti-промышленность РК при активной поддержке Президента Нурсултана Назарбаева. Группа «ТИТАН» взяла под

свой контроль проведение всех работ этого направления – геолого-разведочных, геолого-экономических, горно-добычных, строительно-монтажных. Вот и в России бы достичь высокой концентрации управляемости в лице одного умного специалиста. Пока же этого нет. О РЗМ каждый «кричит» своё, часто недостоверное.

В период с 1991 по 1994 год на м-ниях Шокаш и Караоткель была решена задача получения ильменит-рутилового концентрата. В ноябре 1995 г. состоялся запуск опытно-промышленной обогатительной фабрики на Обуховском м-нии с полным циклом переработки (получение селективных концентратов – ильменитового, рутилового и циркониевого). Мощность по переработке рудных песков была рассчитана на 50 тыс. т/год.

В течение 1996 г. на Обуховской фабрике было получено несколько тысяч тонн ильменитового концентрата и рутил-цирконового промпродукта. В 1995 году на Вишневогорском ГОКе (Урал, Челябинская область) была разработана и внедрена технология разделения коллективного обуховского концентрата – на ильменитовый, рутиловый и цирконовый. Высокопроизводительный сепаратор СЭ-70/100 проработал в технологической схеме 1,5 года до прекращения поставок неразделённых минералов. В ильменитовом концентрате (93%) установлено: TiO_2 – 54%; P_2O_5 – 0,25–0,40; Cr_2O_3 – 5,0; выход класса – 0,06+0,04 равен 96,72%; в рутиловом: TiO_2 – 94,0%; Fe_2O_3 – 3,0; Al_2O_3 – 0,6; SiO_2 – 1,5; ZrO_2 – 1,0; P_2O_5 – 0,07; выход класса, показанного выше, равен 96,54%; в цирконовом: ZrO_2 – 63–65%; TiO_2 – 0,9–3,5; Al_2O_3 – меньше 2,0; Fe_2O_3 – до 0,25%; P_2O_5 – до 0,20; выход тонкого класса равен 96,34%. Вот бы и работать нашим странам в тесном взаимодействии, используя наличные мощности. Ведь каждая обогатительная фабрика стоит недёшево.

В это же время – середина 90-х годов – на Лисаковском ГОКе (Кустанайская область) 4-я секция обогатительной фабрики была перестроена для получения 3-х концентратов с м-ний Шокаш и Обуховское.

В апреле 1996 г. по инициативе АО «УК ТМК» Правительство республики принимает новое постановление «О дальнейшем развитии Ti-Mg-промышленности в РК».

В 1998 г. разведано м-ние Бектимир; в феврале 1999 г. его переименовали в Сатпаевское. В нём оказалось больше ценных компонентов, чем в рядом расположенном Караоткельском. На последнем опытно-промышленные работы были прекращены. В этом же году завершена разведка и утверждены запасы м-ния Шокаш. Быстро

растёт добыча рудных песков и получение ильменитового концентрата на Сатпаевском м-нии – с 2,3 тыс. т в 2002 г. до 11,7 тыс. т в 2004 г. Геологоразведочные работы на этом м-нии проводились как за счёт средств комбината, так и японских инвесторов. Сейчас на базе м-ния создано совместное предприятие «STM» с участием АО «УК ТМК». Ильменитовый концентрат начал поступать с этого м-ния на комбинат с 2002 г. На м-нии реализован проект стоимостью 4,5 млн. $ по строительству горно-обогатительного комбината с выпуском 15 тыс. т/год ильменитового концентрата.

В 2000 году на УК ТМК введён в эксплуатацию цех плавки ильменитового концентрата с получением Ti-шлака. В результате грамотного подхода к проблеме Ti-сырья и его передела впервые к 2005 г. в республике разработана геолого-экономическая модель развития титанового минерально-сырьевого комплекса до 2030 года. Запасов 3-х м-ний (Сатпаевское, Обуховское, Шокаш) хватит на потребности УК ТМК в концентратах на срок больше 100 лет. Импорт сырья при таких запасах не нужен. Обуховское м-ние – одно из самых эффективных для промышленного освоения. В планах руководства страны использовать обогатительную фабрику Лисаковского ГОКа для освоения Ti-Zr-м-ний Северного и Западного Казахстана.

Освоив выпуск титановых шлаков, УК ТМК прошёл сертификацию по всем требованиям международных стандартов, затем сертифицировал продукцию у потребителей – авиакосмических компаний. И когда впервые вышли на мировой рынок со своей титановой губкой, её качество соответствовало международным стандартам.

Очередной этап реализации развития Ti-Mg-промышленности связан с созданием производства Ti-слитков и сплавов. Мощность нового завода – 11 тыс. т/год слитков двойной плавки. В начале сентября 2010 г. завод вошёл в эксплуатацию.

В печати подчёркивается: «Это исторический этап не только для самого предприятия, но и для всего Казахстана, поскольку республика тем самым вошла в анналы мировой Ti-промышленности, создавая возможность кооперации с европейскими и американскими предприятиями по дальнейшей переработке слитков в готовые изделия». Уже создано совместное предприятие с французской фирмой Aubert and Duval по производству прутков, поковок и других изделий для авиакосмической промышленности. Казахстан успешно реализует программу войти к 2030 году в число 50 наиболее развитых государств мира. (По материалам газеты «Казахстанская Правда»).

В настоящее время технологией производства титановой губки владеют 6 стран. В 2010 г. мировой выпуск этой продукции достиг 155 тыс. т : Китай – 58, Россия – 32, Япония – 30, Казахстан – 16 (15,2 тыс. т было экспортировано), США – 12, Украина – 7. Наряду с титаном в РК растёт производство первичного магния – с 10,3 тыс. т в 2000 г. до 21,0 тыс. т в 2010 году. Свыше 17% титана, используемого в международной авиакосмической отрасли, приходится на УК ТМК.

В 2013 г. начнёт работать СП с южно-корейской компанией POSKO. Предусматривается выпуск титановых слябов методом электронно-лучевой плавки – 5 тыс. т продукции в год. Ориентировочная стоимость проекта – 50 млн. долларов. Завод станет логическим завершением программы развития Ti-промышленности РК.

Из приведённых сведений делаем вывод: достойная программа становления предприятия, поддержанная Президентом страны, дала отличный результат мирового уровня. Нам в России при разноголосице между заявителями программы РЗМ, её исполнителями, финансистами и глухоте руководителей государства ничего подобного не совершить.

Анализ состояния современного рынка РМ-сырья в России и мире представлен Т.Ю. Усовой и Т.И. Зуевой (2011). Авторы из ИМГРЭ пишут, что после объявления Китаем в 2010 г. сокращения экспорта сырья на 72%, многие страны быстро отреагировали на такой демарш. США усилили ГРР и разработку проектов освоения своих месторождений, Япония стала активнее участвовать во многих мероприятиях по линии РЗМ – в Монголии, Вьетнаме, Индии, Казахстане, России, африканских странах, тогда как в нашей стране руководители заняли позицию «активного невмешательства» в дела РМ-индустрии. Потребление редких металлов в России значительно ниже, чем в других развитых странах. Сейчас в нашей стране реально действует только одна цепочка: Ловозерское м-ние – Соликамский Mg-завод, который производит из лопаритового сырья оксиды Nb, Ta и карбонаты РЗМ. РМ-промышленность пущена на самотёк. Значительная часть квалифицированных кадров отрасли за годы перестройки утеряна.

Мировой опыт показывает, что многие государственные деятели самого высокого уровня не уходят от управления ресурсами стратегических материалов (яркий пример – Президент Казахстана Н.Назарбаев), и именно поэтому удаётся быстро выправить ситуацию.

Т.Ю. Усова с Т.И. Зуевой пишут: «Меры государственной поддержки могут быть достаточно простые: предоставление гарантий по кредитам, льготное налогообложение на первых стадиях освоения м-ний, стимулирование комплексного использования сырья, создание стратегических запасов, освоение м-ний и создание промышленности на условиях частно-государственного партнёрства. Только при государственном участии можно кардинально изменить ситуацию в РМ-отрасли». Выжить без помощи государства очень трудно. Мы на Урале энергично боремся за развитие РМ-индустрии.

По прогнозу, особенно большой рост потребления РМ ожидается в энергетических технологиях (РЗМ, Li, V, Nb). В Японии, например, планируется удвоение спроса на РЗМ от 2008 г. к 2015 г. до 66,8 тыс. т РЗО при современном мировом спросе 136 тыс. т РЗО. «Если программа модернизации в России будет реализовываться не на словах, а на деле, без участия редких металлов российской промышленности не обойтись».

Прогнозируемые потребности России на 2020 г. по экспортной оценке сотрудников ФГУП «ВИМС» (Г.А. Машковцев и др., 2011) составляют: Nb – 5 тыс. т; Ta – до 200 т, РЗО – до 6–7 тыс. т, Sc_2O_3 – до 0,5 т. В части редких земель мы придерживаемся аналогичной цифры, зная состояние Ловозерского ГОКа. Напомним о средних содержаниях компонентов в руде м-ния, %: Nb_2O_5 – 0,24; Ta_2O_5 – 0,0188; РЗО – 1,12; TiO_2 – 1,29; SrO – 0,08.

Т.Ю. Усова и Т.И. Зуева не обошли и давно дискутируемый вопрос о получении РЗМ из апатита при переработке его на удобрения. Приводится цифра – до 170 тыс. т РЗО в год. Авторы пишут: «По косвенным сведениям РЗМ извлекают из апатита в Норвегии, Польше, возможно, в Германии, Израиле и в других странах, куда экспортируется российский апатит. При этом в цене апатита РЗМ не учитываются, и сведения об их извлечении соответственно не разглашаются». Почему же наши заводы, работающие по азотнокислотной технологии вскрытия апатита, не наладят получение РЗО? Кто объяснит этот парадокс? Пора остановить «крокодиловы слёзы».

В 2008 г. из лопаритового сырья было получено 8570 т концентрата – в нём 2600 т РЗО. После СМЗ карбонаты РЗМ направляются на АО «Силмет» (Эстония) и на ОАО «ЧМЗ» (Удмуртия). В первом случае получают индивидуальные оксиды и металлы (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, мишметалл), во втором – оксиды Ce и полириты.

Из выше приведённого видно, что на Урале срочно надо организовывать свой передел карбонатов РЗМ. Соликамский магниевый

завод рядом, в Пермской области, а карбонаты РЗМ везут для передела за тысячи километров.

В сообщении «Интерфакса» от 11.02.2011 г. говорится: Министерство экономики Свердловской области заинтересовано в организации комплекса по переработке монацитового концентрата на территории ОЭЗ «Титановая долина». Переговоры о таком комплексе «уже ведутся с потенциальными партнёрами из Японии, США, ряда европейских стран... Результатом удачной реализации проекта станет высокорентабельное производство с предельно короткими сроками окупаемости, а параллельно решатся экологические проблемы хранения радиоактивных материалов на уральских территориях». А как же усилия ВНИИХТа по переработке МК на ПО «Маяк», т.е. на территории Челябинской области? Или «охотники» двух областей в мыслях уже делят шкуру медведя, но никак не сговорятся о долях? Может всё-таки к концу года станет известно, что соседи взялись за реализацию одного проекта без участия США, Японии и др. стран? А заботы «об удачной реализации проекта, высокорентабельном производстве, предельно коротких сроках окупаемости» — всего лишь словесный флёр?

Хватит тратить на хранение и содержание МК в деревянных амбарах сороковых годов XX века и нескольких металлических постройках конца 50-х — начала 60-х годов по 20 млн. рублей из областного бюджета.

Новое сообщение «Интерфакса» от 30.09.2011 г. ГК «Росатом» завершает сделку о приобретении ОАО «Соликамский магниевый завод». Рассматривается также возможность приобретения РЗ-активов за рубежом, на что ГК получила одобрение Правительства. В этом же сообщении читаем: глава уранового холдинга «Атомредметзолото» (АРМЗ), входящего в ГК «Росатом» Ю. Полонкин заявлял в мае 2011 года, что компания планирует купить СМЗ, — в её интересах вся цепочка — от обогащения сырья, переработки его и производства РЗМ. Однако позже стало известно, что холдинг отказался от реализации намеченных планов.

О ФЦП и технологической платформе по развитию производства РЗМ в России, которую готовит ГК «Росатом», нам неизвестно, как и о том, подготовила ли Госдума законопроект «О содействии развитию производства стратегических материалов в РФ». В череде публикаций трудно разобраться, кто управляет минерально-сырьевым комплексом в России, включая поиски, разведку и переработку РМ-сырья.

На страницах российской печати «гуляет» противоречивая информация. С одной стороны, следуют заверения, что ПО «Маяк» и ВНИИХТ готовятся к переделу монацитового концентрата из Красноуфимска в этом 2012 году, с другой стороны, В.Г. Бамбуров из ИХТТ УО РАН с группой авторитетных специалистов утверждают, что на доработку технологии надо ещё 3–5 лет. Все, причастные к организации производства, понимают: без государственной поддержки в финансировании дело не продвинется вперёд, а будет словесно обыгрываться ещё длительный срок. Не видно и государственно-частного партнёрства.

В планах ГК «Росатом» «реализация устойчивого развития и успешной конкуренции отечественной вертикально интегрированной компании мирового уровня в области РЗМ-индустрии с капитализацией порядка сотен миллиардов рублей к 2020 году». Об этом пишут Г.А. Сарычев, директор ВНИИХТа, и его коллега М.Н. Стриханов, ректор НИЯУ МИФИ. Конечная цель программы восстановления РЗМ-производства – «выход к 2020 г. на 15–20% мирового РЗМ-рынка при объёме производства 25–30 тыс. т/год». По нашему мнению, начинать надо с малого – передела монацитового концентрата (около 5 тыс. т/год) на ПО «Маяк» и стабильного передела лопаритового концентрата (около 5–6 тыс. т/год) на Соликамском магниевом заводе. В лучшем случае, к 2020 году можно ожидать половинного производства РЗМ, достигнутого в СССР к моменту развала страны.

Кроме партнёрских отношений с Казахстаном ГК «Росатом» предусматривает также «создание рыночных альянсов с японскими и европейскими компаниями для трансфера технологий переработки, получения проектного финансирования, заключения долгосрочных контрактов на поставку РЗМ». В заключении статьи Г.А. Сарычев и М.Н. Стриханов пишут, что отечественная РЗМ-индустрия с её продукцией должна быть конкурентно-способной на мировом рынке.

Реалии нашей жизни заставляют сомневаться в скором восстановлении и успешном развитии РЗ-отрасли. ГК «Росатом» выделила ПО «Маяк» всего 44 млн. рублей; нуждается в поддержке и Ловозёрский ГОК и предприятия по разделению РЗО и производству чистых металлов. Ю.Б. Патрикеев (2011) сообщает, что получение РЗМ было организовано на Опытном заводе Гиредмета (г. Верхняя Пышма) в конце 50-х годов. Металлы Се-группы получали путём электролиза. Для реализации этого метода в институте были разработаны различные технологии и аппаратура.

Венцом их, по автору, можно считать технологию производства мишметалла с использованием фторидно-окисных электролитов и промышленный электролизёр с силой тока 24 кА с суточной производительностью 600 кг. На одном из заводов отрасли было создано отделение, состоящее из 5 таких электролизёров, которое производило до 1 тыс. т мишметалла в год. После бурных и суматошных 90-х годов эта технология и аппаратура были куплены Китаем. Кончилась советская власть, кончилось м-ние «Меловое» в Казахстане, откуда поступало сырьё, развалился и завод. Сколько средств надо на его восстановление и, вероятно, на передел отечественного сырья другого состава или промпродуктов (хлоридов, карбонатов) при кооперации с другими заводами – нам не известно.

Напоследок рассмотрим ответ из Министерства промышленности и науки Свердловской области от 28 марта 2012 г. за № 938 на наше обращение по поводу развития РЗ-отрасли в России. Ответ подписал Первый заместитель Министра В.В. Турлаев.

«Поднимаемый Вами вопрос переработки складских запасов монацитового концентрата (МК) с целью получения РЗЭ на протяжении длительного времени находится в сфере пристального внимания Правительства Свердловской области. О перспективах успешной реализации данного проекта свидетельствует наличие на территории области всех необходимых составных элементов для формирования кластера по производству РЗЭ: источник сырья в виде складских запасов МК в количестве 82 тыс. тонн; территориальная близость предприятия, способного организовать процесс отделения МК от радиоактивности (ФГУП ПО «Маяк» в Челябинской области); наличие научных организаций, обладающих различными технологиями переработки МК и готовых осуществить необходимые научно-исследовательские работы по доведению существующих технологий до стадии организации промышленного производства (Уральский федеральный университет, институты УО РАН). Данные организации в течение многих лет разрабатывают технологии переработки МК и других руд, что позволило создать новые технологические подходы, сочетающие пирометаллургические, электрохимические, сорбционные и экстракционные переделы с получением РЗМ, тория и урана. Разрабатываемые технологии позволяют перевести целевые компоненты в оксиды и осуществить требуемое отделение от радиоактивности с последующим получением высокочистых редкоземельных металлов, тория и урана».

В приведённой части письма допущено противоречие. С одной стороны утверждается, что научные организации Свердловской

области обладают различными технологиями переработки МК, с другой – они готовы осуществить необходимые научно-исследовательские работы по доведению существующих технологий до стадии организации промышленного производства. В этой готовности заложена «мина замедленного действия». Всегда можно сказать, что нам надо на доработку 5–10 лет, а после этого срока добавить ещё 5–10 лет и так до скончания века. Передел МК с отделением тория ведётся в мире уже десятки лет, ничего загадочного в технологии не скрыто, она описана в учебниках и множестве других источников. Если уважаемому доктору химических наук, советнику РАН В.Г. Бамбурову что-то не ясно, пусть обозначит свои вопросы. Руководители радиохимического завода вместе с консультантами из ВНИИХТа не заявляли о проблемах в технологии передела МК. Знать о привезённой пробе концентрата из Красноуфимска и ничего с нею не делать – так это профанация, а не научная разборка технологии.

На запрос в адрес Губернатора Челябинской области М.В. Юревича о начале переработки МК получено сообщение от В.В. Курятникова, и.о. Министра промышленности и природных ресурсов Челябинской области. «В настоящее время ФГУП ПО «Маяк» (г. Озёрск) совместно с ОАО ВНИИХТ (г. Москва) занимается разработкой технологии переработки МК по выделению концентратов РЗМ. В 2011 году был получен опытный образец монацитового концентрата для проведения экспериментальных работ». Из этого следует, что о технологии передела никто не думает, идёт бессмысленная затяжка времени. Нижеследующие слова подтверждают нашу правоту. «Ближайшей задачей ФГУП ПО «Маяк» является участие в разработке технологии переработки монацита совместно с ОАО ВНИИХТ. Перспективная задача – создание опытного производства, а затем и промышленно производства переработки монацитового песка с получением концентрата РЗЭ, локализованной активной составляющей и фосфатных солей. В 2012 году запланировано проведение экспериментов в лабораторных условиях, формирование технологической схемы и её комплексная лабораторная проверка. Сроки создания производства будут определены после завершения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ». С такими кадрами «двигателей научно-технического прогресса» России ещё долго быть в ряду отстающих стран.

Ответ В.В. Курятникова показывает, что власти Челябинской и Свердловской областей вместе с ПО «Маяк», ВНИИХТом и на-

учными институтами УрО РАН не заинтересованы в переработке монацитового концентрата. Проводится настоящий саботаж, очевидно, с участием той группы лиц, которая занята охраной складов с монацитом. Получать из года в год по 20 млн. рублей и не беспокоиться о производстве РЗО – чем не «райская» жизнь охранников. За 50 лет им выплачен 1 млрд. рублей, за 5 предстоящих лет они ожидают добавку в 100 млн. рублей и так далее. Удивительно, что саботаж вуалируется заверениями – идёт доработка технологии передела. Вот и надо со всей строгостью спросить учёных мужей, какие вопросы решаются? Для этого предлагаем в срочном порядке, ещё до конца 2012 года, В.Г. Бамбурову, главе уральских технологов, опубликовать в открытой печати свои технологические новинки и что ещё надо выяснять? Если это не словесная паутина, и нашим учёным не под силу решить вопросы, то стоит пригласить зарубежных консультантов. Мы готовы с таким предложением обратиться в Правительство РФ. Оплату за услуги могут взять на себя институты УрО РАН.

Пример Казахстана по развитию Ti-промышленности весьма поучителен. За 20 лет на УК ТМК создано производство мирового класса! В России же вся редкометалльная и редкоземельная отрасли находятся в упадке.

Следующий момент в ответе В.В. Турлаева – ссылка на Уральский электрохимический комбинат, способный осуществить конечную переработку сырья с получением РЗЭ. Где будет дорабатываться полуфабрикат после выделения из МК тория? В каком направлении предстоят перевозки жидкой фазы из Озёрска – на одно предприятие или несколько? Опытный завод Гиредмета разорён, до Кирово-Чепецка далеко, на предприятии в городе Заречном нет соответствующей технологии и т.д.

Ни в Правительстве России, ни в областных Правительствах нет заявок на РЗМ: кому, сколько, в каком виде – об этом необходимо знать заранее. Первая продукция РЗЭ из МК будет дорогой и очередей на её приобретение не будет. Нужно время, чтобы предприятия-заказчики ощутили пользу от добавок РЗМ.

Правительство Свердловской области выражает очень скромную поддержку проекту по переработке МК – «в максимально возможном использовании потенциала научных и производственных организаций Уральского региона». Выше показано, что научный потенциал наших институтов значительно уступает мировому уровню. Сроки начала переработки МК из Красноуфимска бесконечно ото-

двигаются. К этому следует добавить нерешённые вопросы с финансированием.

В ответе В.В. Турлаева сообщается: «В июле 2011 года Губернатором Свердловской области подписан Меморандум о намерениях по сотрудничеству в сфере промышленного производства редких и редкоземельных металлов между Правительством Свердловской области, Госдумой РФ и Госкорпорацией по атомной энергии «Росатом». Участники меморандума пришли к соглашению о совместных действиях, направленных на реализацию инвестиционных проектов в сфере промышленного производства редких и РЗ-металлов, организацию нового высокотехнологичного и инновационного производства продукции, содержащей редкие и РЗ-металлы, разработку и внедрение экологически безопасной и рациональной технологии использования складских запасов монацитового концентрата в г. Красноуфимск».

Согласованный выше документ важен, но необходимы практические мероприятия по его реализации в ближайшее время, а не в отдалённом будущем. Дорога вывоза МК из Красноуфимска от складов до завода в Озёрске должна быть безопасной при использовании специальных контейнеров. Работы по дезактивации территории можно предусмотреть после вывоза всего монацита, т.е. через 10–15 лет в зависимости от объёмов переработки. После 50 лет полной недвижимости указанный срок будет понятен местному населению. Перетаривание МК и вывоз его за пределы Свердловской области – весьма дорогая и никому не нужная затея. Об этом стоит сказать специалистам ОГУ «УралМонацит» и в ближайшей перспективе сэкономить значительные средства.

Мероприятия по переработке МК на ФГУП ПО «Маяк» – прерогатива руководства этого предприятия под контролем и финансированием ГК «Росатом».

Способен ли Уральский электрохимический комбинат взять на себя обязанности головного предприятия по получению индивидуальных РЗО (далеко не всегда это нужно) и отдельных чистых РЗЭ? Какие ещё предприятия могут участвовать в этом деле? Ведь технология сложная, должно быть ёмкое оборудование и подготовленный персонал. Раньше «поиграли» с Кирово-Чепецким МЗ и быстро отстали, не написав даже отчёта.

Не надо обставлять переработку МК как что-то сверхсложное. Есть ГК «Росатом» и подчинённый им ВНИИХТ и им решать, кого приглашать в помощники. Если же в деле будет много технологов

из разных научных организаций, оно долго не продвинется из-за споров.

Обозначены ли средства для реализации проекта по развитию на Урале РЗМ-производства? Мы считаем, что нельзя ограничиваться только переделом монацита, как это представлено в ответе В.В. Турлаева, и не рассматривать переработку лопарита на Соликамском магниевом заводе. Два производителя способны обеспечить получение 6—8 тыс. т/год РЗО.

Расходы на реализацию проекта передела монацита порядка 17—18 млрд. рублей сильно завышены. Их, очевидно, можно уменьшить до 10—12 млрд. рублей, а это для России — вполне приемлемая цифра, тем более с учётом расходов в течении 10—15 лет.

Относить получение чистых РЗМ на 2017 год — весьма опасная затяжка. Вопрос может быть вынесен на обсуждение в Государственную Думу. ГК «Росатом» медлит с ответом, заявляя, что окончательное решение «будет приниматься только после получения и анализа результатов НИР по разработке технологии переработки монацита в случае, если проведённые работы приведут к созданию технологии, отвечающей требованиям экономической целесообразности и экологической безопасности». Это и есть та уловка, о которой мы сказали в начале своих замечаний. С подобным подходом к инновационному развитию Россия окажется по соседству с нищими странами.

Наши предложения уже рассматривались ранее и получили одобрение в Госдуме за подписью В.А. Язева. Напомним их с небольшой детализацией.

1. Склады с монацитовым концентратом в Красноуфимске надо вернуть в собственность государства и немедленно начать переработку МК на ПО «Маяк». Финансирование вести за счёт ГК «Росатом» и двух уральских областей.

2. Наметить предприятия для дальнейшего разделения промпродукта (после выделения из МК тория). В числе их могут быть: Опытный завод Гиредмета, Уральский электрохимический комбинат, Кирово-Чепецкий механический завод.

3. Провести опрос будущих потребителей РЗ-продуктов — по номенклатуре и объёму с указанием цен на мировых рынках (2011—2012 годы).

4. По государственной линии поддержать Ловозерский ГОК, находящийся сейчас на грани банкротства. Вывести стабильное получение лопаритового концентрата на уровень 5 тыс. т (из этого количества возможно получение 3300 т РЗО).

5. За Соликамским магниевым заводом закрепить получение пятиокисей ниобия и тантала, а также карбонатов РЗМ.

6. Переработку последних с получением оксидов и отдельных РЗ-металлов предусмотреть на предприятиях уральского региона или Кирово-Чепецка, т.е. отказаться от поставок в Эстонию.

7. Производство РЗО к 2015 году довести до 5–6 тыс. т.

8. Тяжёлые лантаноиды, необходимые в малых количествах (первые тонны), желательно получать на урановых м-ниях Зауральского рудного района (Далматовское – освоено, Добровольное и Хохловское – изучаются). Это – прерогатива ГК «Росатом» и им определять объёмы нужных металлов.

9. Потребности РФ в иттрии для атомных и других отраслей могут быть удовлетворены за счёт его собственного сырья, которое имеется на Кольском п-ве и на Урале. Поиски и разведка месторождений иттрия – задача геологических организаций.

Приводим также выводы В.Д. Косынкина (ОАО «ВНИИХТ») и В.А. Глебова (ОАО «ВНИИНМ») из доклада на конференции в г. Суздаль (4–8 октября 2010 г.). Считаем их особенно полезными для нашего Правительства.

1) возрождение российской РЗМ-промышленности является одной из важнейших задач отечественной экономики, без решения которой невозможно дальнейшее развитие страны.

2) создание российского РЗМ-консорциума явится важным этапом в достижении поставленной цели. Однако для ускорения необходима поддержка со стороны государства в виде бюджетного финансирования проектов по возрождению российской РЗМ-промышленности, как в рамках существующих ФЦП, так и путём формирования специальной Программы.

3) зарубежный подход к решению проблем производства РЗМ характеризуется высоким долевым участием государства в финансировании соответствующих Программ. Долевой вклад составляет в Канаде – 38–40%, в США – 50–70%, в Японии – 75–80%.

4) восстановление роли государства в финансировании работ по возрождению производства РЗМ – настоятельная необходимость, так как без этого невозможна модернизация отечественной экономики.

Близкие выводы содержатся в замечательной статье директора ИМГРЭ А.А. Кременецкого, опубликованной в марте 1993 года в специальном выпуске журнала «Разведка и охрана недр», посвящённом проблемам минералогии, геохимии и совершенствованию развития сырьевой базы редких элементов в России.

«Наиболее рационально в современных условиях обеспечить развитию производства редких металлов государственную поддержку. В качестве компонентов государственной политики можно предложить следующие направления:

1. Государство должно стимулировать объединение капиталов с целью финансирования проектов по производству редких элементов.

2. Законодательно необходимо максимально упростить процедуру получения лицензий на все виды деятельности, связанные с производством редких элементов, в том числе лицензий на экспорт продукции. Несомненно, что эта отрасль пока нуждается в льготном кредитовании.

3. До тех пор, пока имеется существенный экономический риск капиталовложений в производство редких элементов, государственные органы могли бы выступать гарантами окупаемости вложений.

4. Наконец, нельзя ждать, пока коммерческие структуры накопят достаточный потенциал для инвестиций в производство редких элементов. Иначе отставание России от Запада может стать вообще необратимым. Нет иного выхода, кроме прямого государственного бюджетного финансирования программ совершенствования сырьевой базы и производства редких элементов, пусть даже частичного. Без этого, к сожалению, пока не обойтись».

ЛИТЕРАТУРА

Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М., Наука, 1976

Бамбуров В.Г. и др. О перспективах создания технологии и опытного производства по переработке Красноуфимского монацита. Материалы конференции РЗМ-2011

Башлыкова Т.В., Вальков А.В., Петров В.И. Извлечение РЗЭ из фосфогипса и отходов золотодобычи. Цветные металлы, 2012, № 3

Беседа В. Симоненко с Генеральным директором ПО «Маяк» С.В. Барановым. Инф. Бюллетень для жителей Озерского городского округа, 2011, № 26 (4–7 апреля)

Бетехтин А.Г. Минералогия. М., 1950

Богданов С.В., Гришаев С.И. Перспектива создания российского транснационального холдинга по производству редкоземельных и редких металлов. Материалы конференции РЗМ-2011

Бойцов В.Е.; Верчеба А.А. Геолого-промышленные типы месторождений урана. М., 2008

Бокий Г.Б. Введение в кристаллохимию. Изд. Моск. ун-та, 1954

Быховский Л.З., Зубков Л.Б. Титан России: состояние, проблемы развития и освоения минерально-сырьевой базы. М., 1996

Вальков А.В. и др. Красноуфимский монацит как сырьё для производства редкоземельных элементов и удобрений. Цветные металлы, 2012, № 3

Вальков А.В. Технико-экономические особенности редкоземельного производства. Цветные металлы, 2012, № 3

Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, 1962, № 7

Власов К.А., Кузьменко М.В., Еськова Е.М. Ловозерский щелочной массив. М., 1959

Волков В.А. и др. Выдающиеся химики мира. М., ВШ, 1991

Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Колл. авторов.

Тома 1 и 2. М., Наука, 1964

Дёмин В.Б., Лавренчук В.Н. Кольский полуостров и Урал – два опорных региона в России по добыче и переработке редкоземельного сырья. Материалы конференции в г. Кировск, 2011 г.

Дир У.А. и др. Породообразующие минералы. Тома 1–5. М., Мир, 1965–1966

Ерёмин Н.И., Дергачев А.Л. Экономика минерального сырья. Учебник. М., МГУ, 2008

Жиганов А.Н. и др. Предложения по созданию в Томской области производства редкоземельных металлов и сплавов. Северск, 2011

Иттрий и лантаноиды. Справочник. Колл. авторов. М., 1998

Каблов Е.Н. Кто экономит на своей науке, будет кормить чужую экономику. Металлы Евразии, 2012, № 1

Козловский Е.А. «Сырьевая экономика»: источник процветания или помеха развитию? Металлы Евразии, 2011, № 2

Козловский Е.А. По следам упущенных возможностей. Металлы Евразии, 2011, № 3

Косынкин В.Д., Глебов В.А. Пленарный доклад на III Международной конференции «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества». Суздаль, 2010

Косынкин В., Трубаков Ю. «Элементы будущего» – сегодня и завтра. Металлы Евразии, 2011, № 5

Кременецкий А.А. Новый геолого-промышленный тип редкоземельных россыпей. Разведка и охрана недр, 1993, № 3

Кременецкий А.А. Редкие элементы в России: анализ состояния и пути развития. Разведка и охрана недр, 1993, № 3

Кременецкий А.А., Архипова Н.А. Вклад редких металлов в повышение инвестиционной привлекательности центров экономического роста России. Разведка и охрана недр, 2011, № 6

Лавренчук В.Н. В рамках СНГ надо воссоздать объединённое производство титана, циркония и РЗМ из россыпных месторождений. Материалы конференции РЗМ-2011

Лапин А.В. и др. Минералогия кор выветривания карбонатитов. М., 2011

Левченко Е.Н. Новые прогрессивные технологии добычи и переработки титан-циркониевых россыпей России. М., 2004

Логунов М.В. Опыт создания радиохимических технологий и его использование в рамках реализации проекта «Монацит» на ФГУП ПО «Маяк». Материалы конференции РЗМ-2011

Локшин Э.П., Калинников В.Т. Технология извлечения РЗМ из отходов и промпродуктов сернокислотной переработки Хибинского апатитового концентрата. Материалы конференции РЗМ-2011

Ляхович В.В. Акцессорные минералы. М., Наука, 1968

Магнетизм и условия образования изверженных горных пород. Колл. авторов. М., Наука, 1975

Магомедбеков Э.П. и др. Комплексная переработка Красноуфимского монацитового концентрата. Материалы конференции РЗМ-2011

Макаров Е.С. Изоморфизм атомов в кристаллах. М., 1973

Малышев Ю.Н. Юрист в шахту не пойдёт. Металлы Евразии, 2011, № 5

Машковцев Г.А. и др. Перспективы рационального освоения комплексных ниобий-тантал-редкоземельных месторождений России. Разведка и охрана недр, 2011, № 6

Минеральные месторождения Китая. Сост. В.П. Федорчук. М., 1999

Михайличенко А.И. и др. Редкоземельные металлы. М., 1987

Нагата Т. Магнетизм горных пород. М., ИЛ, 1956

Никитин Н. Чем хуже, тем лучше? Нефтегазовая Вертикаль, 2010, № 23–24

Николаев А.И. Переработка нетрадиционного титанового сырья Кольского полуострова. Апатиты, 1991

Ниобий и тантал. Справочник. Колл. авторов. М., 1998

Петров А.Ю. Кластеры выведут уральскую промышленность на новый уровень. Уральский рынок металлов, 2010, № 150–151

Пожиленко В.И. и др. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты, 2002

Протодьяконов М.М. Свойства породообразующих минералов и их электронное строение. М., Наука, 1965

Рамдор П. Рудные минералы и их срастания. М., ИЛ, 1962

Самонов А.Е. Сырьевые приоритеты устойчивого развития редкоземельной промышленности в России. Цветные металлы, 2012, № 3

Семёнов Е.И. Оруденение и минерализация редких земель, тория и урана (лантаноидов и актиноидов). М., 2001

Семёнов Е.И. Минералогический справочник. М., 2002

Справочник по редким металлам. Пер. с англ. М., Мир, 1965

Фёдоров С.Г. и др. Химическая переработка минеральных концентратов Кольского полуострова. Апатиты, 2003

Химия и технология редких и рассеянных элементов. Часть II. Под ред. К.А. Большакова. М., ВШ, 1976

Чиркст Д.Э., Старшинова В.С. Извлечение редких металлов при переработке апатитовых концентратов Кольского полуострова. Горный инф.- анал. бюллетень, 2006, № 1

Яковенчук В.Н. и др. Минералы Хибинского массива. М., 1999

ПРИЛОЖЕНИЯ

Ниже приводятся статьи по вопросам хранения и передела монацитовых концентратов, завезённых в район г. Красноуфимска в 1960 году. Из них видно, что технология извлечения РЗЭ практически не рассматривалась больше 30 лет.

Представлен также ряд официальных документов, в которых обсуждаются масштабные проблемы РЗМ в нашей стране. Они любопытны тем, что показывают противоречивые позиции специалистов и чиновников в подходе к РЗ-сырью с торием, необходимости создания радиационной безопасности и выбору площадки для завода с использованием такого «пугающего» сырья.

Хотя технологии получения урана и тория давно разработаны и применяются во многих странах мира, никто из жителей не хочет находиться рядом с «опасностью», большей частью мнимой.

И даже сейчас отдельные учёные настаивают, что надо строить завод около г. Красноуфимска, чтобы не перевозить монацитовое сырьё. При этом забывается, что в России давно созданы специальные контейнеры по стандартам международной безопасности для транспортировки опасных материалов. Ведётся даже утилизация зарубежных радиоактивных отходов с атомных электростанций. Транспортировка их по территории нашей страны составляет тысячи километров. Во многих странах мира продолжают строиться атомные электростанции.

Журнал «Уральский рынок металлов», 2000 г., № 1

Склады монацитового концентрата на территории Свердловской области — настоящее месторождение редкоземельных металлов

Впервые хранилище монацита появилось на Урале в 70-е гг. Страна готовилась ковать собственные ядерные щит и меч, и радиоактивный ториевый концентрат — монацит свозился отовсюду, где только можно было его достать, — впрок, на всякий случай. Тогда еще было неясно, какая именно технология будет выбрана в качестве базовой — ториевая или урановая. Сырье складировали в бывших сельхозамбарах под Красноуфимском, поставили охрану и... забыли на следующие сорок лет. Атомная отрасль пошла другим путем, избрав в качестве базового урановый цикл, монацит оказался отодвинут на второй план. Со временем заброшенные склады обветшали, возникла угроза попадания монацита в окружающую среду.

Новейшая история монацита началась уже в 90-е гг., когда монацитохранилище было прередано на баланс правительства Свердловской области, а местные жители и «зеленые» стали требовать избавить их от опасного соседства. Один из вариантов решения предложили уральские ученые, в частности Михаил Тельминов, который затем возглавил ЗАО «Монацит». Суть предложения в следующем: кроме тория, значительную часть монацита (60%) составляют редкоземельные металлы. Таким образом, хранилище под Красноуфимском, где складировано 82 тыс. т монацита, можно рассматривать как месторождение редкоземов. Общая стоимость монацита составляет около $ 24 млн (цена на мировом рынке — около $ 300/т). Однако ценность концентрата многократно возрастает, если наладить переработку и извлечение из него редкоземельных металлов. Общая стоимость РЗМ в пересчете на чистые оксиды и металлы может составить $ 3—5 млрд. Еще большую отдачу даст использование редкоземов в промышленности, что позволяет развить многие наукоемкие технологии, выпуск материалов с высокими физико-техническими свойствами, создать производства с высокой отдачей, создать новые рабочие места.

Надо сказать, что в мире редкоземы используются весьма широко. Они находят применение в самых разных сферах промышленности. В их числе радиотехника, электротехника, производство стекла и керамики, атомная техника, черная и цветная металлургия,

химическая и нефтехимическая промышленность, магнитные материалы и т. д. Они используются, в частности, как катализаторы для очистки выхлопных газов автомобилей, в сухих батарейках аккумуляторного типа, для производства искусственных ювелирных камней — гранатов, сапфиров и т. д.

Россия сегодня практически не имеет редкоземельной промышленности, а Уральский регион обладает всем необходимым для ее развития. Кроме монацита, на территории области имеются и техногенные месторождения, содержащие редкоземы. Например, только АО «Святогор» имеет около 10 млн т таких промышленных отходов, которые можно рассматривать как достаточно богатую руду. В Уральском регионе много потенциальных предприятий-потребителей РЗМ. Самые квалифицированные специалисты в области разработок наукоемких технологий на основе РЗМ находятся именно в Уральском регионе. Финансово-промышленные группы могут при определенных условиях профинансировать программу по развитию РЗМ-отрасли.

По словам Михаила ТЕЛЬМИНОВА, президента ЗАО «Монацит», в 1992 г. в адрес администрации Свердловской области было направлено письмо, в котором обосновывалась возможность и необходимость переработки монацита на предприятиях Уральского региона для получения РЗМ и развития наукоемких технологий. Тогда же было принято решение о переработке концентрата, составлен и утвержден план работ. В 1995 г. было зарегистрировано ЗАО «Монацит», соучредителями которого стали Уральская золото-платиновая компания и АКБ «Золото-Платина Банк». В том же году было подписано генеральное соглашение между ЗАО «Монацит» и администрацией области, которым предусматривается переработка всего объема концентрата на давальческой основе. Началась организационная работа, анализировались возможности имеющихся предприятий, технологии переработки, развития мирового рынка РЗМ и наукоемких технологий. Был подписан трехсторонний предварительный договор между ЗАО «Монацит», УГТУ-УПИ и Чепецким механическим заводом (Глазов, Удмуртия) о разработке щелочной технологии. Кроме того был заключен трехсторонний договор между ЗАО «Монацит», Институтом химии твердого тела УрО РАН и Соликамским титано-магниевым заводом об оценке возможности использования других технологий вскрытия монацита и складирования радиоактивного (ториевого) концентрата.

На начальной стадии были проработаны возможности предприятия «Уралредмет» (Верхняя Пышма) по разделению коллективно-

го концентрата на отдельные элементы. Технологии отработаны, а производственных мощностей хватит для обеспечения внутреннего рынка на многие годы.

Огромный экономический эффект обещает использование цериевых чугунов на трубных заводах. На Северском трубном заводе уже сейчас используют валки из цериевого чугуна для прокатки труб. Эти валки отличаются повышенной износостойкостью. Пока цериевые соединения трубники получают из старых заводских отвалов (Северский завод – предприятие полного цикла). Постоянный спутник редкоземельных элементов – скандий. Проведены исследования по замене традиционных буровых труб на трубы из сплава на основе алюминия и скандия. На стальных трубах через месяц работы в агрессивных средах отчетливо заметны следы коррозии, на алюминий-скандиевых трубах коррозия нулевая. Кроме того, они значительно легче весят, соответственно, меньше затраты на грузоперевозки и т. д.

По данным Виталия БАМБУРОВА, директора Института химии твердого тела УрО РАН, технологическая цепочка по промышленной переработке монацита выглядит сегодня следующим образом. Вначале на Чепецком механическом заводе (Глазов) монацит разделяется на ториевый (активный) концентрат и редкоземельный (неактивный). Последний затем поставляется на верхнепышминский завод «Уралредмет», где его разделяют на элементы. Монацитовый песок перерабатывается щелочным методом, фосфаты переводятся в раствор, затем осаждаются и становятся основой для получения удобрений, остальные растворы дезактивируются барием, разделяются на ториевый и редкоземельный концентаты. В Глазове же можно организовать получение цериевого концентрата, производство миш-металла. Но ценность редкоземов резко повышается, когда их удается получить в чистом виде.

Опытно-промышленная партия монацита (5 т) уже переработана на Чепецком механическом заводе (Глазов), эта технология не нова, дезактивация на российских предприятиях отработана в течение десятилетий. Последняя партия коллективного концентрата была получена в ноябре 1999 г. Удалось разделить монацит на ториевый концентрат и редкоземельный, правда, и тот, и другой – ненадлежащего качества. У глазовчан есть богатый опыт работы с радиоактивными элементами, но не было опыта химической переработки монацита. В то же время сегодня окончательно ясно, что технологически переработка монацита – это вполне реально...

Переработка 5 т монацита стоила около 5 млн руб., в этом проекте Свердловская область участвовала на паях с Минатомом. Сегодня работа по ТЭО дальнейшей переработки монацита финансируют Свердловская область и Минатом. Собственники редкоземельного концентрата – область и Минатом, который заплатил за переработку свои деньги. Дальше начинаются коммерческие риски.

Администрация Свердловской области заключила договор по этой проблеме с Министерством по атомной энергии. Однако, по мнению Анатолия ФИЛИППЕНКОВА, президента областного Союза предприятий малого бизнеса, ген. директора НПП «ФАН», существенный недостаток имеющихся планов переработки РЗМ-сырья в том, что не определены приоритетные направления использования и предприятия-потребители РЗМ. Нет ясности о возможном использовании РЗМ в отечественной промышленности, а также при продаже за рубеж. До сих пор нет обоснованного бизнес-плана на эту работу.

Как показал анализ работ Минатома, проект содержит ряд существенных недостатков и даже опасных моментов. Проект ТЭИ ВНИКИЭТ ведет к утрате Свердловской областью контроля над результатами работы всего комплекса. Проект – безальтернативен, предусматривает единственный вариант решения проблемы как по территориальному размещению объектов, так и по технологическим путям реализации; он не предусматривает возможность использования других, в т. ч. и техногенных источников редкоземельных элементов, перекрывающих недостающие в монацитах тяжелые РЗЭ. Чрезмерно завышенные цены на оксиды РЗЭ приводят к ошибочным оценкам уровня рентабельности рассматриваемого проекта, а также к сокращению развития наукоемких технологий и предприятий. К такому же результату ведет отсутствие данных по сквозному извлечению целевых продуктов по рассматриваемой схеме переработки монацитов.

По словам Анатолия ФИЛИППЕНКОВА, проблемы переработки монацита были обсуждены со специалистами многих предприятий и НИИ Екатеринбурга, в том числе с представителями Уральского института металлов, который является головным по перaботке техногенных образований. ЗАО «Монацит» и ЗАО «НПП ФАН» готовы объединить усилия в решении проблемы переработки монацита, уже сегодня имеют ряд основных патентов на технологии пе¬реработки и использованию РЗМ с целью получения новых материалов и приборов. Более того, проведенные предварительные

переговоры позволили найти компанию-инвестора, которая готова вложить в проект около $ 100 млн. Возврат средств может вестись продуктами переработки с последующей реализацией их на мировом рынке. Монацит – собственность Свердловской области, и решение проблем его переработки надо сосредоточить на уральских предприятиях, создать новые производства и рабочие места, уйти от зависимости и диктата заинтересованных лиц в Москве.

Предприятия малого бизнеса, которые занимаются наукоемкими технологиями, могут принять самое непосредственное участие как в научно-технических исследованиях, создании новых товаров и технологий с использованием редкоземов, так и продвижении их на рынок. Собственно, сегодня именно продвижение на рынок – наиболее рискованная часть всей цепочки по использованию редкоземов. А гибкие и мобильные малые предприятия могут сработать здесь наилучшим образом. Надо только создать им необходимые условия. В частности, создать на базе ЕЗОЦМ банк редкоземов, который будет предоставлять их малым предприятиям для исследовательских и экспериментальных работ на льготных условиях.

Эти и другие пути решения проблемы были изложены в письме руководителей двух фирм НПП «Фан» и ЗАО «Монацит» (исх. ? МП 1-05/151 от 25.10.99) в адрес губернатора Росселя. В нем, кроме того, предлагалось подготовить проект Постановления Правительства, на основе ЗАО «Монацит» создать открытое АО с обязательным вхождением Правительства области в лице ГУП «Уралмонацит» для решения проблем переработки монацита. Заключить взаимовыгодный договор с генеральным инвестором, утвердить состав экспертного Совета по этой проблеме, выделить приоритетные предприятия и утвердить объем финансирования.

Письмо было направлено в октябре 1999 г. Ни ответа, ни привета на него так и нет. Воистину: что имеем – не храним, потерявши – плачем. Да и куда спешить – гром пока не грянул...

Переработкой красноуфимского монацита должны заниматься серьезные ядерные центры — Валерий Язев

Екатеринбург, Апрель 14 (Новый Регион, Михаил Дежнев, Владимир Инютин) – Депутат Государственной думы Валерий Язев, один из авторитетных российских экспертов по ториевой проблематике, в понедельник прокомментировал «Новому Региону» заявление руководства государственных предприятий «Уралмонацит» и «Уралмонациттехно» о безвредности производства по переработке монацитового концентрата на территории Красноуфимска.

Валерий Язев сообщил корреспонденту «Нового Региона», что «новые рабочие места для красноуфимцев – это, конечно, замечательно, если бы это не было связано с переработкой столь опасного сырья, которым является монацитовый концентрат». Мнение депутата Госдумы таково — переработкой монацита все-таки нужно заниматься в серьезных ядерных центрах, которые есть в России, например, в Томске. В. Язев напомнил, что за вывоз монацита уже высказалось более пяти тысяч красноуфимцев.

Напомним, в субботу экологический митинг в Красноуфимске собрал около полутысячи горожан. Жители Красноуфимска выразили протест против строительства в районе завода по переработке монацитового концентрата, так как, по их мнению, новое производство угрожает здоровью и жизни людей. На митинге под плакатами «Лучше быть активным сегодня, чем радиоактивным завтра» и «Долой радиоактивный объект с красноуфимской земли» красноуфимцы пообещали обратиться к президенту, чтобы он посодействовал закрытию опасного предприятия.

Стоит также отметить, что склады с радиоактивным монацитовым концентратом появились в Красноуфимском районе в начале 1960-х годов. За это время складские помещения пришли в полную негодность. Радиоактивная пыль, по свидетельству медиков, стала причиной значительного роста онкологических заболеваний и повышенной смертности в районе. Лучшим вариантом выхода из этой ситуации, по мнению жителей, будет скорейший вывоз радиоактивного материала за пределы Свердловской области.

Между тем руководство государственных предприятий «Уралмонацит» и «Уралмонациттехно», которые занимаются проектом строительства комплекса по переработке монацитового концентрата, остается непреклонным. В официальном заявлении говорится, что утилизация радиоактивного концентрата реальна только на заводе в Красноуфимске. Для этого уже найден инвестор, который готов вложить в проект порядка 76 миллионов долларов.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КРАСНОУФИМСКОГО МОНАЦИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

В период второй мировой войны, когда в условиях строжайшей секретности активно велись работы по созданию атомной бомбы, в США беспокоились о запасах материалов, которые могут служить источником атомной энергии. Основное значение придавалось урану, хотя торий также был в числе предполагаемых источников. На начальном этапе работ потенциальная ценность тория, как источника атомной энергии, еще не была окончательно ясна, но все же американцы заключили долгосрочные соглашения на закупку монацитового песка из главных месторождений в Бразилии и индийского штата Траванкор. После взрывов первых атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки, во многих странах, в том числе и СССР, начали лихорадочные поиски урановых и ториевых руд. С этого времени СССР создает стратегические запасы монацитового концентрата с целью последующего выделения из него тория для производства ядерных зарядов.

Монацит – это минерал чаще всего желто-бурого цвета, механически прочный и устойчивый к выветриванию. В процессе длительного разрушения горных пород прочные частицы монацита вместе с другими устойчивыми минералами, например цирконом и кварцем, реками сносятся к морю и накапливаются в прибрежной зоне. При этом за счет движения морских волн происходит концентрирование тяжелых минералов. Так, на морских пляжах Бразилии, Индии и др. формируются монацитовые россыпи (так называемые монацитовые пески).

Содержание монацита в монацитовом песке невелико и составляет, как правило, доли процента. В дальнейшем при использовании методов гравитационного, электростатического и магнитного обогащения достаточно легко может быть получен концентрат с содержанием монацита до 96%.

По химическому составу монацит представляет собой изоморфную смесь ортофосфатов редкоземельных металлов и тория, отвечающий формуле $(Ln,Th)PO_4$, где Ln (лантаноиды): La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

Монацитовый концентрат Красноуфимского района представлен большим количеством партий, отличающихся по химическому и минералогическому составу и связано это с тем, что он доставлялся из различных месторождений. В среднем Красноуфимский монацитовый концентрат имеет следующий процентный состав:

Сумма редкоземельных оксидов Ln_2O_3	54,0
Оксид фосфора P_2O_5	22,2
Оксид тория ThO_2	5,4
Оксид железа Fe_2O_3	3,6
Оксид алюминия Al_2O_3	2,8
Оксид кремния SiO_2	4,0
Оксид титана TiO_2	2,2
Оксид кальция CaO	1,4
Оксид магния MgO	1,2
Оксид циркония ZrO_2	3,0
Оксид урана U_3O_8	0,2

Монацит обладает очень высокой химической устойчивостью. Он практически нерастворим не только в воде, но и при нормальной температуре в минеральных кислотах, его отличает высокая устойчивость к нагреву на воздухе до достаточно высоких температур.

С начала 60-х годов прошлого века свозимый со всей страны радиоактивный монацитовый концентрат складировали в 12 км от г. Красноуфимска Свердловской области в деревянные помещения − постройки 1941−1942 г., находившиеся в пользовании Средне-Уральского территориального управления Главного управления материальных резервов (ГУМР) СМ СССР. До этого эти склады использовались для хранения стратегических запасов продовольствия. Закладка на хранение монацитового концентрата в эти склады производилась в течение нескольких лет. Так были заполнены все 19 деревянных складов и дополнительно построены 4 металлических. Всего в настоящее время в этих складах хранится 82 тысячи тонн монацитового концентрата. Концентрат упакован в трехслойные бумажные крафт-мешки по 50 кг, которые уложены в деревянные ящики, а ящики складированы в штабели в 15−17 ярусов. В разные годы хранилище монацитового концентрата называлось как предприятие п/я 118, предприятие «Каменный пояс», филиал предприятия п/я 6572, филиал комбината «Победа» Госкомрезерва РФ, в последнее время после передачи монацитового концентрата в собственность Свердловской области − Государственное учреждение «УралМонацит».

Проекты складов, в которых хранится монацитовый концетрат, не прудусматривали использования их в качестве хранилищ для радиоактивных веществ и поэтому они не отвечают необходимым требованиям проектирования радиационных объектов и выбору технологических схем работ, обеспечивающих:

- минимальное облучение персонала;

- радиационную безопасность персонала при проведении ремонтных работ;

- наименьшее количество технологических операций;

- максимальную автоматизацию и механизацию операций;

- минимальное количество радиоактивных отходов с простыми способами их временного хранения и переработки.

В свое время не было выполнено проектирование для перепрофилирования складов как радиационных объектов. Поэтому такое хранение монацитового концентрата не предусматривало обеспечение безопасных условий работы персонала как внутри помещений, так и на территории их расположения. Техническое состояние объекта за последние 10 лет можно оценить как аварийное. В большинстве деревянных складов полы, не выдержав нагрузки, местами провалились, а из-за подвижки грунтов местами произошло их вспучивание. В результате произошло обрушение штабелей, образовались завалы ящиков. Практически во всех складах нижние слои ящиков раздавлены. Падение ящиков и разрушение упаковки привело к образованию открытых россыпей и накоплению радиоактивной пыли. Кровля во многих складах протекает, произошло деформирование несущих конструкций, стен и крыш складов.

Ожидаемый ресурс аварийных складов в настоящее время оценивается 3–5 годами. Вероятней всего, что по истечению этого срока пойдет процесс постепенного обрушения складов с выносом радиоактивности за пределы их территории.

Радиационная обстановка на территории складов ГУ «УралМонацит» обусловлена излучением, испускаемым естественными радиоактивными изотопами семейства тория и урана в монацитовом песке. При этом радиационное воздействие на персонал зависит от следующих типов излучения:

1. внешнего ?-излучения;

2. внутреннего облучения от ингаляционного поступления изотопов радона-220 (торона) и продуктов их распада;

3. внутреннего облучения от ингаляционного поступления пыли, содержащей естественные радионуклиды.

В соответствии с требованиями обеспечения безопасности при работах с радиоактивными источниками по 1 классу, территория базы хранения монацитового концентрата разделена на 3 зоны:

Зона 1 – внутренняя часть помещений складов.

Зона 2 – внешний периметр складов, территория расположения складов.

Зона 3 – караульное помещение, автомастерские, административное помещение, котельная, пост дежурного, помещение водоподготовки и т.д.

Согласно Нормам радиационной безопасности (НРБ-99), предел годовой эффективной дозы для персонала группы А составляет 20 миллизиверт (мЗв) в год. По расчетам суммарная годовая доза в зоне 1 (внутри складов с РВ), исходя из 1700 часов годового фонда рабочего времени на одного работника:

1. при осмотре, инвентаризации и т.д. составит 120 мЗв;

2. при ремонте деталей внутренних строительных конструкций, перемещении ящиков без вскрытия, приемке и отпуске монацитового концентрата, погрузочно-разгрузочных работах составит 232 мЗв;

3. при перетаривании, ликвидации просыпей монацитового концентрата ожидаемая доза составит 8222 мЗв.

Суммарная годовая доза в зоне 2 (снаружи, вблизи складов) составит 47 мЗв, а в зоне 3 составит 5 мЗв.

Вместе с тем, как показали исследования, проведенные тремя организациями: Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИКИЭТ г. Москва), Российским федеральным ядерным центром Всероссийским научно-исследовательским институтом технической физики (РФЯЦ ВНИИТФ г. Снежинск Челябинская обл.) и Институтом экологии растений и животных (ИЭРиЖ УрО РАН г. Екатеринбург), – несмотря на критическое состояние сооружений, радиационная обстановка за пределами границ складской территории в настоящее время находится в допустимых пределах и при обеспечении условий хранения монацита в соответствии с требованиями «Норм радиационной безопасности (НРБ-99)» никакой опасности для гражданского населения и окружающей местности не представляет.

Учитывая нарастание риска возникновения аварий на базе хранения монацита ГУ «УралМонацит» в Красноуфимском районе, Правительство Свердловской области, предпринимает необходимые меры по стабилизации ситуации на объекте. Непосредственно по этому объекту был принят целый ряд постановлений Правительства Свердловской области. За счет дополнительного финансирования ГУ «УралМонацит» из областного бюджета и Областного бюджетного экологического фонда за последние 4 года реализовано более 30 мероприятий, направленных на снижение риска возникновения любых аварий и улучшения дозиметрического и радиометрического контроля на объекте, основные из них:

- Создана новая система пожаротушения.

- Проведен ремонт 12 деревянных складов.

- Запущена система автоматической охранной сигнализации по периметру базы хранения.

- Смонтирована система наружного освещения по всему периметру базы хранения с применением современных энергосберегающих светильников.

- Проложен отдельный телефонный кабель связи от городского узла связи до объекта, что позволило установить прямую телефонную связь с пожарной охраной, а также в режиме он-лайн иметь выход в любую организацию города и области с помощью телефонной, факсимильной связи и электронной почты.

- Приобретен полный комплект современной дозиметрической и радиометрической аппаратуры, позволяющей контролировать альфа, бета и гамма излучения; концентрацию радиоактивных газов радона и торона; концентрацию радиоактивной пыли. Приобретены современные индивидуальные дозиметры для каждого работника филиала, которые позволяют в любой момент времени на дисплее дозиметра контролировать мощность дозы излучения, накопленную дозу с началом отсчета с любой точки по времени, например: с начала года, с начала месяца и за рабочую смену. С помощью устройства считывания и компьютерной программы формируется база данных по полученной дозе облучения каждого работника филиала.

- Обновлен автотракторный парк и другие.

В апреле 2004 года принято очередное постановление Правительства Свердловской области, которым утвержден План инженерно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий по обеспечению радиационной безопасности складов монацитового концентрата на 2004–2007 годы с общим объемом финансирования 63 миллиона рублей.

В то же время в Правительстве Свердловской области понимают, что меры, предпринимаемые в последние годы, не решают проблему хранения кардинальным образом, а призваны лишь поддерживать относительно безопасные условия эксплуатации объекта в течение еще некоторого времени. Варианты решения данной проблемы активно изучаются и обсуждаются специалистами на протяжении последних 7 лет.

Один из вариантов – продажа монацитового концентрата. Монацитовый концентрат представлял определенный коммерческий интерес до 1961–1963 годов, и связано это было с возможностью

реализации торий-уранового ядерного топливного цикла. До этого времени во всем мире достаточно активно проводились исследования по его переработке и извлечению чистых соединений тория. В то время монацит рассматривался прежде всего, как источник тория. Редкие земли добывались из таких минералов как бастнезит, иттросинхизит, лопарит и др. Содержание в этих минералах тория много меньше, чем в монаците, в результате чего радиоактивность существенно ниже, проще и дешевле процесс переработки этих руд.

Мировая потребность в тории на современном этапе достаточно низкая, например, во всем мире эта цифра составляет около 200 тонн в год, причем расходуется он в основном не в атомной промышленности, а, например, при производстве специальных сплавов. Цена на монацитовый концентрат на мировых рынках до 90-х годов составляла около 200—270 долларов США за тонну. К середине 90 годов продажа монацитового концентрата практически прекратилась ввиду отсутствия спроса.

Сказанное выше свидетельствует о том, что найти заинтересованных лиц и продать им хранящийся в Красноуфимском районе монацитовый концентрат в настоящее время не реально. К тому же перемещение монацита в металлические контейнеры для последующего вывоза потребует не малых средств, оцениваемых в десятки миллионов долларов.

Второй вариант — перетаривание и вывоз на хранение монацитового концентрата за пределы Красноуфимского района и даже Свердловской области. Этот вариант тоже не имеет положительных решений, поскольку он требует выполнения достаточно затратных и в принципе неприемлемых условий:

- Должно быть определено новое место хранения монацитового концентрата, получены соответствующие разрешения и согласие органов власти субъектов Федерации, муниципального образования и местного населения.

- Место нового хранения монацита не должно быть далеко от железной дороги и населенного пункта, с тем, чтобы была реальная возможность организации его перевозки, складирования и последующего хранения.

- Осуществлено строительство сертифицированных железобетонных хранилищ для монацитового концентрата.

- Проведено перетаривание монацита в металлические сертифицированные контейнеры.

- Проведена реабилитация территории настоящих складов в Красноуфимском районе.

Третий вариант – предусматривает перетаривание концентрата в металлические контейнеры, сертифицированные для его хранения на срок не менее 50 лет, до тех пор, пока атомной энергетикой не будет востребован торий; строительство для монацита специальных железобетонных хранилищ на территории существующих складов, закладка перетаренного монацита в новые хранилища, утилизация существующих деревянных складов и реабилитацию территории складов. Этот вариант вполне реальный, но требует вложения значительных денежных средств, около 60 миллионов долларов, без какой-либо отдачи в будущем.

Четвертый вариант – переработка монацитового концентрата с целью извлечения редкоземельных металлов (РЗМ), производство продукции с использованием РЗМ, выделение и складирование ториевого концентрата в металлические контейнеры, сертифицированные для его хранения на срок не менее 50 лет, строительство специальных хранилищ для ториевого концентрата, утилизация существующих деревянных складов и реабилитация территории складов. Ориентировочная сумма начальных инвестиций составляет около 80 млн. долларов США. При этом следует отметить, что при переработке в год до 5000 тонн монацитового концентрата данный вариант через 5–7 лет перейдет на самоокупаемость.

Директор ГУПСО «УралМонацитТехно» **Н.В. Обабков**
Директор ГУ «УралМонацит» **А.А. Михеев**

Журнал «Экономика и Экология» № 2 – 2004 год

Публикация в SciTecLibrary (2004)

Любой смерч может превратить благодатный Красноуфимский район в зону экологического бедствия! Решение на Урале проблемы монацитовых складов может привести к созданию в России промышленного производства редкоземельных элементов.

«Различные радиоактивные элементы рассеяны в породах Земли. Из радиоактивных элементов в земной коре с момента ее образования естественным образом сохранились только уран и торий, благодаря большим периодам полураспада их природных изотопов уран-238, уран-235 и торий-232. Все остальные естественные радиоактивные элементы встречаются в природе как продукты радиоактивного распада урана и тория. Их излучение создает естественный радиационный фон, характерный для каждой местности. Тория в земной коре приблизительно в 3 раза больше, чем урана. Различные соединения тория входят в состав порядка ста минералов. Один из этих минералов получил название монацит. Зерна монацита имеют кристаллическую структуру и средний размер в 0,08 мм. (5). Кристаллы монацита могут быть окрашены в желтый, зеленый, красновато-бурый, бурый и белый цвета. Они имеют зеркальный блеск. Рассеянные кристаллы монацита встречаются в гранитах и в других горных породах. Эрозия горных пород приводит к выветриванию кристаллов монацита. Последние скапливаются в морских россыпях песков. Россыпи с содержанием не менее 1 кг монацита на 1 $м^3$ песка считаются месторождениями и разрабатываются в Австралии, Бразилии, Китае, Индии, Малайзии, Шри-Ланке, Таиланде, Заире, ЮАР и США. В мире эти страны и являются основными производителями монацитового концентрата, который является сырьем для производства некоторых редкоземельных металлов. Мировое производство монацитового концентрата составляет примерно 12000 тонн в год».

«С завидной регулярностью – рассказывает директор ГУ УралМонацит Анатолий Михеев – различные бульварные издания поднимают на своих страницах проблему складов монацитовых песков, расположенных в 10 км от г. Красноуфимска Свердловской области (2). Проблема, несомненно, существует и требует решения, но популистские, обличительные статьи и митинговые страсти никак не служат практическому решению проблемы складов.

Проблему складов Свердловская область получила как историческое наследие атомного проекта, реализованного в годы Советской

власти. Гонка ядерных вооружений, развязанная США, вынудила правительство СССР искать наиболее эффективные пути создания собственной атомной бомбы. Для того чтобы получить цепную реакцию взрывного характера, необходимы делящиеся материалы. Именно для их производства и предполагалось использовать торий-232, который можно получить из радиоактивного природного минерала — монацита. На практике была реализована урано-плутониевая схема. Ураноториевое направление в атомной энергетике не получило развития, а созданные в то время запасы ториевого сырья по сути превратились в залежи концентрированных радиоактивных материалов.

История создания Красноуфимских «залежей» теряется в далеких 60-х годах XX века. После развала СССР Красноуфимские склады оказались в ведении филиала комбината «Победа» Госкомрезерва РФ. Лихолетья государственной и хозяйственной жизни России в начале 1990-х годов сделали склады по сути бесхозными. Власти Свердловской области, понимавшие потенциальную опасность, исходящую от монацитовых складов, по инициативе тогдашнего Главы администрации Свердловской области Страхова А.А., вынуждены были взять на себя заботу по их содержанию. Распоряжением Правительства РФ от 31.03.1994 г. они были переданы в собственность Свердловской области. В ведение области перешли 19 деревянных амбаров 1941—42 гг. постройки и 4 металлических ангара постройки 60-х годов. В них, в деревянных 50-ти килограммовых ящиках было складировано 82 тысячи тонн радиоактивного монацитового концентрата. Суммарная радиоактивность всей массы складированного монацита оценивается в 7800 Ки. Активность монацитовых песков обусловлена наличием в них радиоактивных изотопов семейства тория и урана, имеющих природное происхождение. Массовые доли содержания в монацитовом песке оксидов тория и урана составляют соответственно 5,4% и 0,2%; сумма оксидов редкоземельных элементов — 54%, оксида фосфора — 22,2%, остальные 18,2% составляют оксиды железа, алюминия, кремния, титана, кальция, магния, циркония.

Состояние деревянных монацитовых складов в настоящее время аварийное (3). Так как склады в свое время были построены без капитальных фундаментов, подвижки грунтов разрушили полы: они местами вспучились или провалились (4). В этих местах произошло обрушение штабелей с завалами технологических проходов. Большинство ящиков нижних слоев сгнило и раздавлено. Кровля

складов течет во многих местах. Несущие конструкции стен, крыш складов деформированы, что грозит обрушением строений. Хранение монацитового концентрата не отвечает требованиям безопасного хранения опасных отходов.

Несмотря на существующие условия хранения монацитового концентрата на прилегающей территории радиационная обстановка не отличается от фоновых значений, характерных для данной местности. Это связано с тем, что монацитовые пески являются изоморфной смесью ортофосфатов металлов, которые в обычных условиях отличаются химической устойчивостью, не растворяются ни в кислых, ни в щелочных средах. Даже в санитарно-защитной зоне базы хранения не обнаружено накопления материалов, содержащих соединения тория. К слову сказать, химическая устойчивость монацита исключает усвоение растениями соединений тория, содержащихся в минерале. Таким образом, торий не способен мигрировать по биологическим цепочкам и попадать посредством этого в организм животных или человека.

Реальную угрозу для окружающей среды представляет возможность разноса монацитовых песков, их пыли и аэрозолей воздушными массами. Пока беда обходила склады стороной. Ни пожары, ни смерчи, ни катастрофические ураганы не обрушились на них. Если же до прихода такой беды монацитовый концентрат не удастся перевести на безопасное хранение, то значительные территории могут подвергнуться радиоактивному поверхностному загрязнению.

Правительство Свердловской области, учитывая возможные последствия утери контроля над условиями хранения монацитового концентрата, финансирует работы по стабилизации ситуации. На эти цели за последние 3 года выделено из областного бюджета и из областного бюджетного экологического фонда 13 млн. 764 тысячи рублей. Благодаря этим средствам ГУ «УралМонацит» реализовал более 30 мероприятий, направленных на снижение риска возникновения чрезвычайных происшествий на базе хранения. Мы оснастили базу полным комплектом приборов и оборудования для контроля за радиационными веществами и излучением. С другими работами можно ознакомиться на сайте www.informeco.ru. Впрочем, все прекрасно понимают, что такими финансовыми ресурсами проблемы хранилища кардинальным образом не решить. Сейчас поддерживается лишь относительно безопасные условия эксплуатации складов и ангаров».

Радиоактивный природный элемент торий-232, который входит в состав соединений монацита, имеет период полураспада

14,05 миллиардов лет. Элемент торий-232 является альфа-излучателем. Альфа-излучение представляет существенную опасность лишь при внутреннем облучении, то есть за счет поступления радиоактивного вещества внутрь организма через легкие, пищевод и т.д. За все время существования монацитовых складов под городом Красноуфимском факт наличия кристаллов монацита в легких и дыхательных путях человека не был установлен. Статистика раковых заболеваний Красноуфимского района также не указывает на наличие на его территории мощного источника канцерогенных веществ. В районе зарегистрировано около 800 раковых больных на каждые 100000 человек населения. В целом для Свердловской области этот показатель составляет около 1500 больных. Но катастрофическое состояние складов с монацитовым концентратом несет в себе угрозу поверхностного загрязнения территории Красноуфимского района.

В ноябре 2002 г. Правительство Свердловской области обнародовало планы создания производственно-технологического комплекса по переработке монацитового концентрата. Определенная часть граждан увидела в этих планах «второе пришествие антихриста» и в г. Красноуфимске была создана инициативная группа граждан, которая стала выступать против обнародованных планов: «Мы считаем лучшим способом решения проблемы передислокацию объекта с его содержимым в места, где он не может угрожать жизни и здоровью населения».

К сожалению, в России пока еще не сложилась практика партнерства между общественностью и государственными органами. В странах Запада это обыденное явление. Вот пример, с которым я знаком лично. В местечке Fernald, штат Огайо, США располагался завод по производству металлического урана. В 1989 г. завод закрыли и законсервировали. Компания, которая была его владельцем, прекратила свое существование. Со временем растворимые соли урана отравили грунтовые воды и стали попадать в источники питьевой воды местного населения. Последние обратились с претензией к правительству США. Department of Energy USA (аналог российского Минатома) разработал проект решения проблемы. Согласно ему завод подлежал полному демонтажу, почва и грунтовые воды — дезактивации, полученные при этом концентраты урана должны были быть переработаны на месте. Подрядчиком работ по проекту «Fernald Environmental» выступила компания «Fermco RMC», 25 Merchant ST., Cincinnati, Ohio, 45246, USA. Она создала на месте закрытого завода новое производство. Надо отметить, что местное

население не настаивало на создании такого производства в другой местности. Оно понимало, что в других местностях тоже живут люди, а перенос производства не уменьшит риски в самом Fernald и создаст новые риски на путях перевозки радиоактивных материалов и в местности строительства нового завода. Ответственное перед своим населением государство порождает ответственных граждан.

Проблема базы хранения монацитового концентрата в районе г. Красноуфимска может иметь три варианта решения. Первый вариант технологически прост и заключается в том, что монацит возвращают назад в природу. Т.е. он вывозится и рассеивается в морских глубинах или ссыпается в заброшенную шахту. Второй вариант также технологически прост и заключается в приведении базы хранения монацита в состояние, отвечающее требованиям «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99) и «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности. НП-020-2000. М., 2002 г.». Третий вариант предполагает извлечь из монацита редкие земли, а полученный при этом ториевый остаток поместить в специально созданное для этого хранилище. Этот вариант требует создания нескольких технологических переделов и предусматривает получение дохода от реализации редких земель и продукции, созданной на их основе. Все три варианта будут иметь операции по перетариванию монацитового песка из ящиков в специальные контейнеры; по утилизации строений и старой тары; по дезактивации территории базы хранения монацита. Все они будут включать в себя работы по созданию новых сооружений для хранения контейнеров с монацитовым песком или ториевым остатком. Эта общая для всех вариантов часть работ оценивается, в 25 млн. долларов США. Без наличия этой суммы реальные работы по решению проблемы базы хранения монацита под г. Красноуфимском не могут быть проведены.

Переработка монацитового концентрата

Работы по поиску вариантов решения проблемы хранения монацитового концентрата в Красноуфимском районе Свердловской области – рассказывает директор ОГУП «УралМонацитТехно» д.т.н. Николай Обабков – были инициированы в марте 1996 года губернатором Свердловской области Росселем Э.Э. На основе совместного финансирования Минатома РФ и Правительства Свердловской области был проведен анализ нескольких вариантов решения проблемы монацитового концентрата.

Первый вариант – исключительно затратный. Старые склады подлежат демонтажу и утилизации, а на их месте производится реабилитация территории и строительство новых хранилищ. Ориентировочная стоимость работ по этому варианту около 25 млн. USD. По второму варианту дополнительно создается гидрометаллургический передел по вскрытию монацитового концентрата. В результате нескольких технологических операций могут быть выделены достаточно ценные нерадиоактивные сырьевые продукты: суммарный редкоземельный концентрат и тринатрийфосфат. Оставшийся торий, содержащий концентрат является ценным сырьем для будущей ториевой атомной энергетики, а пока, на ближайшие 30–50 лет этот концентрат закладывается на хранение.

Технико-экономический анализ показал, что наиболее целесообразно может быть решен вопрос по переработке монацитового концентрата, если начальный этап переработки (вскрытие и отделение радиоактивной составляющей) разместить на вновь создаваемых производственных мощностях непосредственно на базе его хранения Красноуфимского района. Такой вариант реализации проекта потребует начальных инвестиций в размере около 76 млн. USD.

В рамках проекта «Комплекс по переработке монацитового концентрата» планируется построить два завода. Один в Красноуфимском районе на площадке филиала Государственного учреждения «УралМонацит», второй – в г. Заречном. Технология производства в г. Красноуфимске предусматривает вскрытие монацитового концентрата, отделение радиоактивных элементов тория и урана, получение суммарного дезактивированного редкоземельного концентрата. Производство в городе Заречном включает в себя разделение и получение индивидуальных высокочистых редкоземельных элементов и их соединений, а также изготовление на их основе высокотехнологичной, наукоемкой товарной продукции.

Общая характеристика проекта:

- Годовой объем переработки монацитового концентрата – 5000 т.
- Планируемый годовой объем реализации – 20677000 долларов США.
- Балансовая прибыль – 13702000 долларов США.
- Чистая прибыль – 8906000 долларов США.
- Окупаемость чистой прибылью капитальных затрат – 6 лет.
- Рентабельность производства 25,7%.
- Штатная численность работников на предприятии в Красноуфимском районе – 311 чел., в городе Заречном – 400 чел.

Ясно, что проект «Комплекс по переработке монацитового концентрата» может быть успешно реализован лишь при условии по-

лучение инвестиций. Министерством РФ по атомной энергии был определен инвестор (фирма США CHANNEL CONSTRUCTION WORLDWIDE LIMITED), который готов на условиях создания совместного предприятия вложить необходимые средства».

Проект «Комплекс по переработке монацитового концентрата» является попыткой коммерциализации инновационного проекта в области утилизации особо опасных материалов, имеющих в своем составе компоненты, котирующиеся на рынке сырья. В монаците такими компонентами являются редкие земли. В 1990 году СССР произвел около 8,5 тысяч тонн (в пересчете на оксиды металлов) редких земель на предприятиях союзных республик: Казахстана, Киргизии, Украины и Эстонии. Московский завод полиметаллов был единственным предприятием, перерабатывавшим монацит в промышленном масштабе. СССР входил в тройку мировых производителей редких земель и экспортировал их в десятки стран мира. В 1990 году экспорт составил около 2 тыс. тонн. Развал СССР в 1991 году привел к практически полной ликвидации производства редких земель, и Россия сейчас вынуждена импортировать готовую продукцию на основе редких земель. Потребность в редких землях российских предприятий может возрасти к 2005 году до 8000 тонн в год.

Проект «Комплекс по переработке монацитового концентрата» откроет перспективы для возвращения России на рынок редких земель. База хранения монацита под г. Красноуфимском, по сути, является «спусковым крючком», запускающим этот процесс. Но главную роль в нем сыграют предприятия Свердловской области и Минатома России, которые еще не полностью растеряли свой научно-технический потенциал. На сегодняшний день монациты базы хранения оценены как наиболее доступный источник получения редких земель в России, а их запасы в 7 раз превышают ежегодный объем мирового производства монацитового концентрата. После переработки этих монацитов вновь созданный производственный комплекс сможет переключиться на другие сырьевые источники редких земель. По сырьевым запасам редких земель Россия занимает второе место в мире после Китая.

Даже поверхностное знакомство с проектом Правительства Свердловской области дает основание считать, что в ходе работ по его реализации возникнут успешные коммерческие предприятия, создание которых самим проектом не предусмотрены. Предприниматели г. Красноуфимска не должны оставить без внимания тот факт, что проект предполагает приобретение универсальных кон-

тейнеров типа КУ-200С на стороне. Ежегодная потребность создаваемого под г. Красноуфимском производства в этих контейнерах составляет 10000 штук. Срок сохранения им такой ежегодной потребности в контейнерах – 15 лет. Создание в г. Красноуфимске специализированного высокоавтоматизированного производства контейнеров типа КУ-200С уже по определению станет успешным предприятием.

Особым направлением реализации программы переработки монацита является формирование современных и высокотехнологичных производств товарной продукции из редкоземельных металлов. Производство высокоэнергетических магнитов на основе редкоземельного соединения с неодимом открывает в этой области перспективы создания на Урале новых направлений в промышленности. Такие магниты являются одним из основных элементов в производстве современной техники информационных технологий, ядерно-магнито-резонансной техники (медицинская и техническая ЯМР-томография), энергосберегающей техники (от устройств возобновляемой энергетики до экономичных электродвигателей во всех сферах промышленности). Практическое создание товарных производств редкоземельной продукции начнется с организации опытного, и в последующем, промышленного производства редкоземельных магнитов.

Проект Правительства Свердловской области «Комплекс по переработке монацитового концентрата» заслуживает общую положительную оценку хотя бы потому, что в любом случае первым этапом его являются работы по решению на деле проблемы базы хранения монацитового концентрата под г. Красноуфимском. А эта задача должна иметь только одно решение – радиоактивный природный материал должен быть переведен в безопасное для окружающей среды и для местного населения состояние хранения. Реальность реализации остальных этапов проекта просчитывается с достаточным трудом.

Дата публикации:
6 июля 2004 г.

Монацит. Химический состав. Монацитовый концентрат

Монацит — это минерал, представляющий собой безводную смесь ортофосфатов редкоземельных металлов и тория, отвечающий формуле (Ce, La, Nd,..., Th)PO_4. В монаците обычно содержится от 3,5 до 10% оксида тория (ThO_2) и 0,1–0,4% оксида урана (U_3O_8). Монацит с наиболее богатым содержанием по торию (28,2%) был найден на Цейлоне. Встречаются также практически бесториевые монациты, например, в Боливии. Химический состав монацита не постоянный, а определяется его происхождением. Сумма редкоземельных оксидов в монаците составляет 55–74% (главным образом церий, лантан, неодим), в том числе иттрий и элементы иттриевой группы 1–3%, реже 4–8%, содержание оксида фосфора (P_2O_5) — 18,4–31,5%.

По структуре монацит относится к моноклинной сингонии, умеренно парамагнитен. Твердость его по шкале Мооса составляет 5–5,5 единиц; плотность 4,9–5,5 г/см^3. Цвет минерала изменяется от светло-желтого до красно-бурого, хотя встречаются и разновидности белого, зеленоватого оттенка и даже черные. Блеск монацита обычно жирный (смолистый).

Впервые минерал монацит был открыт на Южном Урале в Ильменских горах

(Челябинская область). В статье «О монаците, новом отличие ископаемого царства» в 1829 году Г. Брейтгаупт писал следующее: «Не будучи еще в состоянии точно определить сего ископаемое, объявляю об оном теперь единственно в том намерении, чтобы обратить на него внимание минералогов и преимущественно русских. Название основано мною на примечательном свойстве сего ископаемого, появляющегося как совершенно уединенное вещество, что отличает его от всех известных минералов».

В природе монацит обычно встречается в пегматитах, иногда в гранитах и гнейсах. Будучи устойчивым и механически прочным минералом, при разрушении коренных пород он переходит в россыпи (речные и морские) вместе с ильменитом, рутилом, цирконом, магнетитом и другими минералами, с которыми он генетически связан.

Наиболее крупные месторождения монацита встречаются в песчаных отложениях прибрежной полосы морей, прежде всего — это Индия, Бразилия, США, Австралия, Индонезия, Цейлон, Мозамбик, Мадагаскар и Египет.

В Бирме, Малайзии, Южной Корее, США открыты аллювиальные месторождения монацита на берегах рек. Жильные месторождения монацита расположены в ЮАР.

Наиболее важным промышленным типом мировых месторождений монацита являются береговые монацитсодержащие россыпи. Минимальное промышленное содержание монацита в россыпях составляет около 1%. Монацитсодержащие пески обычно являются комплексными. Кроме монацита они содержат ильменит $FeTiO_3$, циркон $ZrSiO_4$ и рутил TiO_2. Из россыпей монацит часто добывают одновременно с получением ильменитовых, цирконовых и рутиловых концентратов.

Разработка монацитовых россыпных месторождений достаточно проста. Монацит содержащие пески обычно гидротранспортом подаются на обогатительные фабрики. На этих фабриках пески подвергают дезинтеграции на шлюзах, в скрубберах, барабанах или грохотах. При этом в отвал выделяется крупная галька, не содержащая монацита, а остальная часть направляется на осадочные машины или винтовые сепараторы, из которых получается первичный концентрат монацита. Первичный концентрат подвергают затем одной или двухкратной переочистке на концентрационных столах. При этом получается черновой концентрат, содержащий до 60% монацита.

После сушки черновой концентрат разделяют по крупности на фракции: 0,9; 0,35; 0,28; 0,154 мм. Затем эти фракции доводят до необходимой кондиции на электромагнитных сепараторах. На первом этапе удаляют магнитные материалы (магнетит, ильменит и др.), оставшаяся немагнитная фракция, куда входит и монацит, направляется на электростатическую сепарацию. Здесь производят отделение электропроводной фракции (рутил), монацит и циркон остаются в неэлектропроводной фракции. Эта фракция вновь направляется на магнитную сепарацию, но уже в сильном магнитном поле. В этом случае используются слабомагнитные свойства монацита и он остается в магнитной фракции, циркон уходит в немагнитную фракцию.

Полученный таким образом монацитовый концентрат (магнитная фракция в последней сепарации) упаковывали в бумажные крафт-мешки, затем в деревянные ящики, которые впоследствии были складированы на базе хранения под г. Красноуфимском. Всего там хранится около 800 различных партий монацитового концентрата, несколько различающихся по химическому составу. Ниже представлен усредненный состав концентрата, хранящегося в филиале ОГУ «УралМонацит» (в массовых %):

Сумма редкоземельных оксидов Ln_2O_3	54,0
Оксид фосфора P_2O_5	22,2
Оксид тория ThO_2	5,4
Оксид железа Fe_2O_3	3,6
Оксид алюминия Al_2O_3	2,8
Оксид кремния SiO_2	4,0
Оксид титана TiO_2	2,2
Оксид кальция CaO	1,4
Оксид магния MgO	1,2
Оксид циркония ZrO_2	3,0
Оксид урана U_3O_8	0,2

Состав редких земель Ln_2O_3 (в массовых %):

ОКСИДЫ	
La_2O_3	21,8−25,0
Ce_2O_3	42,0−49,5
Pr_2O_3	4,7−5,6
Nd_2O_3	19,4−21,0
Sm_2O_3	1,7−2,1
Eu_2O_3	0,02−0,1
Gd_2O_3	0,15−1,4
Tb_2O_3	0,05−0,65
Dy_2O_3	0,05−0,32
Ho_2O_3	0,05−0,10
Er_2O_3	0,08−0,26
Tm_2O_3	0,05−0,09
Yb_2O_3	0,05−0,09
Lu_2O_3	0,05−0,08
Y_2O_3	1,14−1,20

Урал: проект по переработке монацита может попасть в федеральную программу

Москва, Екатеринбург, Июнь 15 (Новый Регион, Александр Клубов) – Свердловский проект по переработке монацитового концентрата может быть включен в федеральную целевую программу. Эту перспективу губернатор Александр Мишарин обсудит со спикером Госдумы Борисом Грызловым – сегодня глава Среднего Урала находится с рабочим визитом в Москве.

В ходе встречи речь пойдет о включении уральского проекта по переработке монацитового концентрата в федеральную целевую программу «Развитие производства редких и редкоземельных металлов на 2012–2015 годы и перспективу до 2020 года». Кроме того, планируется обсудить возможность включения проекта в технологическую платформу «Освоение сырьевых и техногенных источников, создание производственных мощностей редкоземельной и редкометалльной продукции в Российской Федерации».

Напомним, в ходе февральского рабочего совещания у полпреда президента УрФО Николая Винниченко с участием зампреда Госдумы Валерия Язева и специалистов ГК «Росатом» обсуждались уникальные возможности промпредприятий региона в восстановлении производства редкоземельной продукции. Более того, совещание определило реальные варианты стартового восстановления этого производства в течение 2–3 лет. Позднее по поручению губернатора Александра Мишарина Министерством промышленности и науки Свердловской области была начата работа по созданию Уральского технологического кластера по получению и применению редкоземельных химических элементов. Проект по переработке складских запасов монацитового концентрата, размещенного под Красноуфимском, является важным составным элементом создаваемого кластера, указывают в департаменте информполитики губернатора. Разработка проекта ведется совместно с УрО РАН, УрФУ, госпредприятием «УралМонацитТехно» и «Росатомом».

Считается, что реализация этого проекта даст не только высокий экономический эффект, но также решит проблемы экологии области. Кроме того, переработка монацита снимет бремя с областного бюджета, из которого на решение проблемы хранения ежегодно выделяется порядка 100 млн. рублей.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель
полномочного представителя
Президента Российской Федерации
в Уральском федеральном округе.
Е.В. Куйвашев
10 февраля 2010 г.

ПРОТОКОЛ
совещания у врио начальника департамента по экономической политике аппарата полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе

10 февраля 2010 года,
г. Екатеринбург

Председательствовал: Черепанов В.В.

Присутствовали: приглашенные в студии г. Москвы и по списку 47 человек в региональных студиях.

«О состоянии редкоземельной отрасли Российской Федерации. Роль и потенциальные возможности Уральского федерального округа в возрождении производства редкоземельной продукции.»
(Черепанов В.В.)

Выступили: Черепанов В.В., Язев В.А., Серветник В.А., Сарычев Г.А., Пинаев В.Ю., Верещагин Ю.А., Шилиманов М.Н., Рычков В.Н., Шевелев В.П., Клёнов Ю.В., Кокорин Н.А.

Решили:

1) Принять к сведению информацию участников совещания.

2) Рекомендовать заместителю председателя правительства, министру промышленности и науки Свердловской области (Петров А.Ю.) создать рабочую группу совместно с органами исполнительной власти Курганской (Шевелёв В.П.) и Челябинской (Клёнов Ю.В.) областей и участниками совещания для разработки предложений по созданию технологического кластера для производства редкоземельных соединений в Уральском федеральном округе. Информацию направить заместителю Председателя Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации (Язев В.А.), заместителю генерального директора ПС «Росатом» (Щедро-

вицкий П.Г.), копию информации направить в аппарат полномочного представителя.

Срок – 1 марта 2011 г.

3) Рекомендовать заместителю Председателя Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации (Язев В.А.) и заместителю генерального директора ГК «Росатом» (Щедровицкий П.Г.) с учетом информации субъектов Российской Федерации, входящих в Уральский федеральный округ, (п.2.) рассмотреть возможность включения предложений рабочей группы в проект Федеральной целевой программы развития редкоземельных металлов на 2011–2015 годы и перспективу до 2020 года (далее – проект ФЦП) и проект технологической платформы «Освоение сырьевых и техногенных источников создания производственных мощностей редкоземельной и редкометалльной продукции в Российской Федерации» (далее – технологическая платформа), которые разрабатываются ГК «Росатом».

4) Рекомендовать органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации, входящих в Уральский федеральный округ, оказать содействие промышленным предприятиям округа в организации технологического кластера для производства редкоземельных соединений с учетом привлечения инвестиций госкорпораций, в т.ч. ГК «Роснано».

5) Рекомендовать всем участникам совещания принять участие в расширенном совещании под председательством заместителя Председателя Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации Язева В.А. по вопросу добычи и разработки редкоземельных металлов (15 марта 2011 г. в г. Москве) и в Российско-Германском сырьевом форуме (17 марта 2011 г в г. Омске).

6) Рекомендовать ректору Уральского федерального государственного университета им. первого Президента Российской Федерации Б. Ельцина (Кокшаров В.А.) (далее – УрФУ) организовать подготовку высококвалифицированных кадров для обеспечения стратегических производств, разработать и направить в ГК «Росатом» предложения по организации на базе УрФУ подготовки высококвалифицированных кадров для включения в проект ФЦП и технологическую платформу.

Срок – 1 марта 2011 г.

7) Рекомендовать заместителю генерального директора ГК «Росатом» (Щедровицкий П.Г.) с учетом информации УрФУ (п. 6) рассмотреть возможность включения предложений в проект ФЦП и технологическую платформу.

8) Рекомендовать ГК «Роснано», ЗАО «Энергетические проекты» рассмотреть возможность финансирования проектов по развитию редкоземельной отрасли, разработанных рабочей группой Уральского федерального округа (п.2).

9) Врио начальника департамента по экономической политике аппарата полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе (Черепанов В.В.) с учетом информации субъектов Федерации (п.2.) внести предложения об обращении в ГК «Росатом», Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации и Правительство Российской Федерации в связи с необходимостью включения предприятий и организаций Уральского федерального округа в ФЦП и технологическую платформу, которые разрабатывает ГК «Росатом».

Срок – 10 марта 2011 г.

Врио начальника департамента
по экономической политике В. Черепанов

Выступления

В.В. Черепанов. Необходимо восстановить и модернизировать РЗ-отрасль. К сожалению, не все понимают её экономическую целесообразность. Процесс должен быть сжат по времени, с тем, чтобы занять свою нишу на мировом рынке. УрФО обладает всем необходимым потенциалом для участия в этом процессе. У нас есть производственные возможности, опыт, кадры, научная и сырьевая базы. Могут быть найдены эффективные решения для восстановления РЗ-индустрии (переработка монацитовых концентратов или складирование их на территории округа).

Сегодня в нашей студии принимает участие представитель ГК «Росатом» В.А. Серветник. Корпорация занимается разработкой проекта федеральной целевой программы по развитию производства РЗМ и необходимой технологической платформы.

Кроме нашей области в решение проблем РЗ-отрасли в Уральском регионе могут включиться Курганская и Челябинская области. Предлагаю выстроить наше совещание в форме диалога между ГК «Росатом» и представителями региона.

В.А. Язев. Проблема РЗМ является объектом обсуждения на многих площадках мира. За последние 30 лет объём потребления РЗМ вырос в 5 раз – до 125 тыс. т/год, а годовой оборот продаж в мире – до 10 млрд. долларов. На сегодня 95% приходятся на Китай, который за предыдущие годы завоевал эти позиции, похоронив отрасли производства РЗМ в России, Америке и Европе. У Китая – самые большие разведанные запасы – около 89 млн. т; в странах СНГ сейчас декларируется наличие 21 млн. т РЗМ, однако масштабы добычи и переработки – минимальны. Основные объёмы РЗО в рамках СНГ находятся в Казахстане и в Киргизии. Недавно я летал в Киргизию. В этой стране запасы РЗМ небольшие, но если мы не придём туда со своими предложениями, то Китай «проглотит» всё их сырьё. Нам надо предпринимать практические шаги в этом направлении.

В США объём разведанных РЗМ составляет 14 млн. т; в Австралии – 5,8; в Индии – 1,3; в Бразилии – 84 тыс. т. Серьёзные запасы РЗМ имеются в Афганистане и они могут достаться США.

В России по состоянию на 2010 год на гос. балансе числится 28 млн. т РЗМ-сырья, что составляет порядка 20% мировых запасов. По прогнозам Россия занимает второе место в мире после Китая. Металлы РЗ-группы учтены в 14 м-ниях. 70% запасов находятся в Мурманской области.

Отсутствие собственной перерабатывающей промышленности является серьёзной угрозой для России. В федеральных органах и ГК начата работа: «Роснанотех» поддержал проект по германию, а Росатомом заявлен проект «Технологическая платформа РЗМ»; начата разработка ФЦП для редких и РЗ-металлов на 2011–2015 годы с перспективой до 2020 года.

Эти меры носят точечный характер и не учитывают необходимость полного цикла переработки РЗМ. В СССР получали их около 8,5 тыс. т/год; на предприятиях Росатома – 5,5 тыс. т, на предприятиях Минцветмета – 3 тыс. тонн.

В работе пока не участвуют проектные организации. В целях объединения усилий желательно внести в Госдуму законопроект, предусматривающий комплекс мер – от добычи сырья до его переработки с получением РЗМ. В настоящее время в Госдуме инициирована работа круглого стола по обсуждаемой нами тематике; приглашаю вас принять в ней участие.

15 марта в Думе будет большое совещание с участием Академии наук, Росатома, Роснано и представителей федеральных органов власти. Кроме этого, 17 марта в Омске состоится Российско-Германский сырьевой форум, возможно, с участием первых лиц государств. Этот форум действует уже 4 года и на нём достаточно эффективно решаются многие вопросы. Прошу Вас направить мне предложения по участию в этих мероприятиях и решения настоящего совещания. Они будут учитываться мною в дальнейшей работе.

Представляется рациональным создание редкоземельного кластера на базе предприятий Уральского региона. Он должен включать предприятия по переработке сырья и производству материалов. Уральский регион экономически подходит под такой масштабный проект. В районе г. Красноуфимска хранятся большие запасы монацитового концентрата. Имеются перспективы и для нахождения новых м-ний редких и РЗ-металлов. В УрФО сохранилась база для эффективной работы с такими металлами. Есть также мощный научный потенциал и многочисленные потребители продукции. Надо решать задачу не только получения РЗО, но и выходить на конечные изделия. Опыт Китая в этом направлении можно использовать. Монацитовые концентраты – это основной источник РЗМ в Уральском регионе. В ближайшие 2–3 года желательно выйти на производство готовой продукции. Перед всеми нами стоит важнейшая задача превращения России в крупнейшего поставщика РЗМ и изделий на их основе. Неплохо зная ситуацию в других странах,

могу сказать, что стартовые условия у Америки, Европы и России одинаковые. Поступают предложения о привлечении иностранных инвестиций для решения проблем РЗМ. Подобные предложения в нашей стране считаю ошибочными. Можно рассматривать Японию и другие страны в числе конечных потребителей РЗ-продукции.

Переработка сырья и производство изделий с добавками РЗМ может стать инновационной отраслью в регионе. Считаю, что на такое развитие хватит бюджетных средств частных российских инвесторов. Допустимо привлечение инвестиций из международных фондов, но право на основное управление должно остаться у нашего государства.

Вопрос: Вы сказали, что самостоятельно разрабатываете ещё одну программу, это отдельно от ФЦП?

Ответ: Мы хотим на круглом столе рассмотреть набор предложений и передать их для подготовки ФЦП.

Ведущий: подготовить набор рекомендаций от всего УрФО и направить их В.А. Язеву для включения в ФЦП.

В.А. Серветник, управляющий директор по проектам «Атомредметзолото».

Наша компания в советское время обеспечивала не только разработку радиоактивных материалов, но и РЗМ. Промышленность Минатома включала предприятия на всей территории СССР и производила РЗ-сырьё, которое использовалось всеми технологичными отраслями промышленности. На сегодняшний день, хоть и нет проектов по РЗМ, но сохранился научный и технологический потенциал (ВНИИХТ, Гиредмет и др.). В конце 2010 года было принято решение о создании рабочей группы по развитию производства РМ и РЗМ для ФЦП. Мы понимаем те стратегические задачи, которые должна решать ФЦП: 1) гарантированное сырьевое обеспечение за счёт собственных ресурсов инновационных отраслей; 2) создание собственных резервов РМ и РЗМ и снижение риска дефицита ресурсов, учитывая ситуацию на мировом рынке; 3) стимулирование промышленного производства в сочетании с социальным развитием регионов и их инфраструктуры.

В проекте ФЦП, который готовится, есть 3 этапа: 1) расширение производства РЗМ на базе действующих предприятий − Соликамского магниевого завода и Ловозерского ГОКа. На данный момент, к сожалению, вся производимая продукция экспортируется в страны СНГ. На очереди − переработка монацитового концентрата. 2) создание стратегических альянсов с нашими партнёрами (в основ-

ном речь идёт о предприятиях Казахстана). Возможно партнёрство с иностранными государствами в обмен на передовые технологии. 3) освоение и изучение перспективных м-ний РЗМ в нашей стране, которые на сегодняшний день находятся в нераспределённом фонде. Поскольку все РЗМ являются стратегическими материалами, то разработка м-ний – в ведении Правительства.

На предприятиях ГК «Росатом» существует развитая инфраструктура; имеется значительный опыт работы с радиоактивными материалами.

Вопрос: учтён ли потенциал Свердловской области в ФЦП? Ведётся ли подготовка кадров в УрФУ по направлению РМ и РЗ-металлов?

Ответ: естественно, мы учитываем потенциал предприятий в Уральском Федеральном округе, а подготовку квалифицированных кадров будем только приветствовать.

Вопрос от ведущего: возможно ли на данном этапе вхождение в ФЦП Челябинской и Курганской областей?

Ответ: вначале надо получить конкретные предложения от ПО «Маяк» о возможности переработки у них монацитового концентрата.

Г.А. Сарычев, директор ВНИИХТа.

ФЦП в правительство ещё не внесена. Сейчас мы находимся на стадии предварительной разработки. Программа же «Технологической платформы» скоро будет рассмотрена правительством. У нас подписаны соглашения со многими предприятиями Уральского региона. В первую очередь рассматриваем участие региона в переработке монацитового концентрата. Известны две стадии его переработки: 1) отделение тория; 2) выделение РЗМ. Главный вопрос : что потом делать с торием? Этой темой мы сейчас активно занимаемся; пока решения нет. Нам представляется, что переработка монацитового концентрата – это самый быстрый выход на рынок. Если говорить о времени, то разработка технологической платформы практически заканчивается, скоро начнётся финансирование. После того, как правительство поручит разработку ФЦП, все наши предложения пригодятся. Сейчас это предпроектная работа в рамках Росатома.

В.Ю. Минаев, зам. министра промышленности Свердловской области.

В выступлении В.А. Язева прозвучало практически всё, что я хотел сказать. Мы полностью разделяем и поддерживаем его точку зрения. В программе работ готовы взять на себя некоторую координирующую роль. Свердловская область обладает необходимым потенциалом.

Ю.А. Верещагин.

Я представляю сообщество учёных, разработчиков, производителей и потребителей РЗМ. Хочу отметить, что время, которое сейчас подошло, позволяет надеяться на будущее. Развивая производство постоянных магнитов (они нужны многим отраслям), мы понимаем, что вопрос упирается в проблему сырья и его переработку. Области применения РЗМ типичные для Урала: металлургия, машиностроение, электроника и т.д. По разным оценкам, необходимость в постоянных магнитах через 2–3 года будет на уровне 1,5–3,0 тыс. т. К сожалению, по использованию РЗМ мы катастрофически отстаём от мира. В промышленно развитых странах наблюдается устойчивый рост потребления таких металлов, чего нет в нашей стране. Мириться с этим нельзя. Урал – это в первую очередь металлургия. В отрасли требуется переоснащение всей цепочки производства; для получения Fe-концентратов необходимо большое количество магнитных сепараторов на основе РЗМ. В ближайшие годы потребность в постоянных магнитах будет исчисляться сотнями тонн. Металлургия всего мира требует значительных объёмов РЗМ, несмотря на постоянно растущие цены. Считаю, что металлурги Урала активно поддержат развитие РЗ-отрасли.

На Урале есть хорошо подготовленные специалисты; у нас должна быть создана своя рабочая группа. Кроме забот о сырьевой базе РЗМ, необходимо организовать поддержку предприятий, производящих высокотехнологичную продукцию на основе РЗМ. Необходимо также привлечь внимание властей к предприятиям, которые готовы потреблять и выпускать конкурентную инновационную продукцию.

Вопрос: Вы полагаете, что финансирование подобных производств должно вестись за счёт государственных средств?

Ответ: да, в том числе, так как без поддержки государства развивать наукоёмкое производство практически невозможно. Известно, что Китай и США создавали всю подобную инфраструктуру за счёт государственных средств, и сейчас они финансируют подобные проекты.

Ремарка ведущего: Правительство региона готово участвовать в финансировании. М.Н. Шилиманов, зам. министра экономики Свердловской области.

Наше министерство разрабатывает свой проект по заявленной теме. Мы стараемся выйти на конкретные шаги по реализации озвученных вопросов. Естественно, хочется использовать весь имеющийся потенциал, в том числе и 82 тыс. т монацитового концентрата, который хранится десятки лет около г. Красноуфимска.

Возможности переработки связываем с Новоуральским электрохимическим комбинатом.Но необходимо подтверждение, что комбинат готов к переработке монацитового концентрата с торием. В области для реализации подобных проектов создана корпорация по развитию Среднего Урала. Её задачи как раз и состоят в запуске и обеспечении деятельности таких проектов. Сейчас рассматривается вариант создания совместного предприятия с НЭХК, готового понести первоначальные расходы по переработке концентрата. Желательно, чтобы данный проект попал в ФЦП; его надо довести до федеральных органов. Если государство сумеет вложить необходимые средства, то уже через год проект может окупиться. За 20 лет весь монацитовый концентрат, имеющийся у нас, может быть переработан с большой долей дохода. Только на налогах можем получить около 10 млрд. руб. Плюс сохраним затраты, которые сейчас несёт область за охрану помещений с монацитовым песком.

Реплика из московской студии: мы достоверно утверждаем, что технологии переработки РЗ-сырья в Новоуральске на данный момент нет; её нужно создавать с нуля, следовательно, – через год там ничего не будет. Нас смущают заявленные данные, поэтому просим разъяснить, о чём собственно идёт речь?

Ответ: мы не озвучивали конкретные цифры; наши данные основаны на заявлениях представителей комбината; допускаем, что они не соответствуют действительности.

Дополнение из студии: подобный проект был рассчитан ещё в 2002 году; сейчас его стоимость – около 500–600 млн. долларов. Особое внимание обращаем на то, что перевозка Th-содержащего монацита на большие расстояния – это отдельная задача. Поэтому проект по переработке такого сырья должен быть реализован внутри области. Сейчас идёт выбор площадки, где концентрат может перерабатываться.

Ремарка ведущего: после проработки проекта по выделению РЗМ из монацитового концентрата он может быть включён в ФЦП.

В.П. Швелев, зам. губернатора Курганской области.

Наша область является одной из немногих, где добывается уран. При оценке Долматовского м-ния ставилась задача оценить и попутные запасы, а именно – скандия и РЗМ. Прогнозные оценки по содержанию РЗМ составляют 4240 тонн. В Добровольном м-нии – 1118 тонн. Есть ряд и других м-ний с наличием РЗ-металлов.

Правительство Курганской области поддерживает данную программу. Хочу также отметить, что на базе наших урановых м-ний перспективно и наименее затратно, параллельно урановому циклу,

извлекать РЗМ из растворов выщелачивания. Научным организациям совместно с ЗАО «Далур» необходимо освоить технологическую схему извлечения РЗМ с подбором оборудования. К проекту должны быть привлечены и другие организации недропользования. Считаем, что в нашей области есть все возможности для участия в ФЦП.

Комментарий ведущего: участие ЗАО «Далур» ранее уже обсуждалось, и по итогам совещания надо создать рабочую группу, которая оформит все предложения и пожелания нашего областного соседа.

Компания «Энергетические проекты».

Мы проводили консультации со специалистами ЗАО «Далур». Наша компания заинтересована в извлечении скандия и готова инвестировать средства в подобный проект. Видим в этом реальные перспективы. Благодаря накопленному опыту, можно достаточно оперативно начать работы. Готовы рассмотреть и другие предложения в части РЗМ.

Д.М. Гардиенко, ГК «Роснано».

ЗАО «Энергетические проекты» готово, на свой страх и риск, начать опытное производство совместно с «Далуром» на его мощностях. В том случае, если опыт вложения частных средств окажется успешным, то ГК «Роснано» готово приветствовать расширение этого производства и превращение его в более масштабную операцию.

Предложения от ведущего: войти в состав рабочей группы и поучаствовать в реализации части предложений (например, в преработке монацитового концентрата). Этим самым частично разгрузится ФЦП.

Выступает зам. губернатора Челябинской области.

На территории нашей области имеется ПО «Маяк», на площадке которого можно было бы реализовать переработку монацитовых концентратов. ПО обладает всей необходимой инфраструктурой, значительным опытом и находится недалеко от г. Красноуфимска.

Комментарий ведущего: возможно, ПО «Маяк» является наиболее подходящим и экономически выгодным переработчиком монацитового сырья.

РЕШИЛИ:

1. Принять к сведению выступления участников совещания.

2. Сформировать межрегиональную Рабочую группу из представителей органов власти, входящих в УрФО, промышленных предприятий по переработке сырья, производству материалов с РЗМ и высокотехнологичной продукции на их базе.

3. В целях повышения эффективности государственной поддержки предприятий РЗ-отрасли внести следующие предложения от УрФО: 3.1 − подготовить и направить в аппарат полномочного

представителя Президента РФ в УрФО список участников Рабочей группы. Срок – 15 февраля 2011 г. 3.2 – подготовить и направить в Рабочую группу предложения о включении предприятий и организаций Уральского региона, потенциальных участников ФЦП и Технологической платформы «Редкоземельные металлы». Срок – 1 марта 2011 г. 3.3 – подготовить и направить в Рабочую группу предложения о возможности и целесообразности региональных целевых программ для оказания поддержки производителям РЗ-сырья и организациям-производителям высокотехнологичной продукции на базе РЗМ. Срок – 01 июня 2011 г.

4. Рекомендовать органам исполнительной власти Свердловской и Курганской областей разработать и предоставить полномочному представителю Президента РФ в УрФО проект трёхстороннего соглашения о сотрудничестве с ГК «Росатом» в сфере добычи и переработки РЗМ на территории указанных областей с использованием мощностей их предприятий, входящих в структуру ГК «Росатом». Срок – 10 марта 2011 г.

Предложение по участникам рабочей группы:

1. от Ассоциации разработчиков производителей и потребителей магнитов

а) директор АРППМ – Малыгин М.А.

б) член АРППМ – Верещагин Ю.А.

2. от Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина

а) декан физ-тех факультета – Рычков В.Н.

б) зав. лабораторией – профессор Кудреватых Н.В.

3. от УрО РАН

а) зам. председателя – Мушников Н.В.

б) директор института промышленной экологии – Зайков Ю.П.

4. от ФГУП Уральский электромеханический завод

а) начальник производства – Вяткин В.П.

5. ОАО «СвердНИИ химмаш»

а) генеральный директор – Каримов Р.С.

6. от СГОУ «Уралмоноцит»

а) директор – Михеев А.А.

7. от департамента по недропользованию по УрФО

а) зам. департамента – Кокорин Н.П.

8. от «Корпорация развития среднего Урала»

а) генеральный директор – Филиппов С.В.

9. от правительства Свердловской области

а) Турлаев В.В.

Свердловская область ищет партнеров для переработки монацита

В особой экономической зоне «Титановая долина» планируется создать производство по переработке монацитового концентрата. Как сообщили в областном министерстве экономики, переговоры по проекту создания комплекса по переработке монацитового концентрата на территории особой экономической зоны уже ведутся с потенциальными партнерами из Японии, США, ряда европейских стран.

В настоящее время на территории Свердловской области в районе Красноуфимска на складах хранится 82 тысячи тонн монацитового концентрата. Правительство области тратит порядка 20 млн рублей в год на обеспечение необходимых условий для его хранения и содержания. Между тем, продуктом переработки этого сырья являются редкоземельные металлы, которые пользуются высоким спросом на мировом рынке в различных отраслях промышленности: радиотехнике и приборостроении, оптике, химической промышленности. Другой продукт переработки — ториевый концентрат — является стратегическим ресурсом для развития атомной энергетики на быстрых нейтронах и будет востребован в ближайшие 30—40 лет.

В областном министерстве экономики считают, что результатом реализации проекта станет высокорентабельное производство с предельно короткими сроками окупаемости, а параллельно решатся экологические проблемы хранения радиоактивных материалов.

Монацитовый концентрат с 1940-х годов рассматривался в качестве стратегического запаса СССР с целью последующего выделения из него тория для производства ядерных зарядов. Ориентация в дальнейшем на уран-плутониевый топливный цикл привела к потере интереса к монациту. В конце 1950—60-х годов основной стратегический запас монацитового концентрата СССР был сосредоточен в едином хранилище Средне-Уральского территориального управления Главного управления материальных резервов (ГУМР СМ СССР), расположенном в 12 км от города Красноуфимска Свердловской области вблизи железнодорожной станции Зюрзя. В 1994 году распоряжением правительства РФ монацитовый концентрат был передан в собственность Свердловской области и для оперативного управления этим имуществом было создано областное государственное учреждение «УралМонацит». В настоящее время там складированы 82 тысяч тонн монацитового концентрата, расходы регионального бюджета на обеспечение необходимых условий для его хранения и содержания составляют около 20 млн рублей в год.

На фото с сайта www.monazite.ru — ангар, где складируется монацит.

РЕКОМЕНДАЦИИ
расширенного совещания на тему:
«О формировании государственной политики в сфере добычи, производства и обращения редкоземельных металлов»

15 марта 2011 г.
г. Москва

Участники расширенного совещания, обсудив ситуацию в сфере добычи минерального сырья, производства, обращения и потребления редкоземельных металлов, отмечают следующее.

В составе редкоземельной промышленности России вследствие распада СССР остались лишь отдельные добывающие и перерабатывающие мощности начальной стадии производственного цикла. Несмотря на то, что по разведанным запасам всех видов редкоземельных металлов (РЗМ) Российская Федерация занимает первые места в мире, большая часть используемых в российской промышленности РЗМ импортируется.

Существует риск утраты научно-технологического потенциала России в сфере добычи и переработки РЗМ. Низкая востребованность национальной экономикой разрабатываемых российскими научными учреждениями технологий не позволяет использовать резерв техногенных месторождений, имеющихся в районах выработок и отвалов горно-добывающих комбинатов.

Уровень потребления РЗМ в промышленном комплексе России отстает от показателей основных индустриально развитых стран в 10–15 раз, хотя уже в ближайшие годы в мире ожидается резкий рост потребления новых конструкционных материалов на их основе: в автомобилестроении (аккумуляторные батареи для гибридных автомобилей), нано- и силовой электронике (гетероструктуры и постоянные магниты), авиации, двигателестроении, трубопроводной промышленности (легирующие добавки), нефтепереработке (катализаторы) и т.д.

Начиная с 2010 года, на мировом рынке редкоземельных металлов сложилась напряженная ситуация, вызванная действиями официальных властей

КНР, в основе которых лежало резкое сокращение объемов экспортных поставок редкоземельного сырья и РЗМ-продукции китайского производства и накопление собственных стратегических запасов РЗМ. В результате этих действий мировой рынок РЗМ, на котором китайские производители за последние два десятилетия

прочно утвердились в качестве монополистов., фактически прекратил свое существование, а цены на оставшуюся на рынке продукцию многократно возросли.

В сложившихся условиях ведущие индустриальные страны Европейского Союза в экстренном порядке приступили к созданию национальных стратегических запасов РЗМ. Конгрессом США принят законопроект, предусматривающий разработку и введение в действие комплекса мер по защите национальной экономики в сфере обращения РЗМ. Расконсервируются ранее созданные производственные мощности по выпуску РЗМ в ряде индустриально развитых стран, резко ускорились темпы промышленного освоения месторождений в Канаде, Австралии, Гренландии. Иностранные инвесторы начали проявлять растущий интерес к освоению наиболее перспективных российских месторождений редкоземельного сырья.

Необходимо отдельно отметить активные действия, принимаемые Правительством Республики Казахстан по воссозданию на своей территории группы предприятий с полным технологическим циклом переработки РЗМ-сырья при опоре на российскую сырьевую базу. Аналогичные исследования по решению проблемы «критических материалов» выполнены и в Европейском союзе.

Федеральными органами исполнительной власти России, государственными корпорациями в последние годы начата определенная работа в данной сфере, однако ее эффективность невысока вследствие узковедомственного подхода к проблеме, отсутствия координации и разобщенности предпринимаемых мер.

Сложившаяся ситуация создает угрозы как для обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, так и для развития производств высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения.

Учитывая вышеизложенное, участники расширенного совещания рекомендуют:

1. Депутатам Государственной Думы совместно с федеральными органами исполнительной власти, государственными корпорациями, заинтересованными представителями делового и научного сообщества:

1.1. Разработать проект федерального закона «О содействии развитию производства стратегических материалов в Российской Федерации», предусматривающий меры государственной поддержки производства и инструменты регулирования рынка РЗМ.

1.2. Разработать проект (проекты) федеральных законов, предусматривающие внесение изменений:

- в Налоговый кодекс Российской Федерации в части установлении ставки по налогу на добычу полезных ископаемых 0 процентов при добыче РЗМ-содержащего минерального сырья;

- в Закон Российской Федерации «О недрах» в части определения правового статуса техногенных месторождений полезных ископаемых;

- в Федеральный закон «О государственном оборонном заказе» в части определения критериев применения сырья и материалов иностранного производства (при отсутствии отечественных аналогов) при производстве вооружения и военной техники, осуществляемого российскими организациями.

2. Федеральным органам исполнительной власти:

2.1. Разработать систему текущих и прогнозных балансов производства и потребления РЗМ в Российской Федерации. Сформировать перечень сырья и материалов, обеспечивающих мероприятия Государственной программы вооружения на 2011–2020 годы.

2.2. Поддержать инициативы Государственной корпорации «Росатом» о разработке Федеральной целевой программы «Развитие производства редких и редкоземельных металлов на 2012–2015 годы и перспективу до 2020 года» и Технологической платформы «Освоение сырьевых и техногенных источников, создание производственных мощностей редкоземельной и редкометалльной промышленности в Российской Федерации».

2.3. Поддержать комплексные инвестиционные проекты «Уральский технологический редкоземельный кластер» и «Создание Кольского химико-технологического комплекса на основе минерально-сырьевой базы Мурманской области».

2.4. Расширить номенклатуру и объем государственных резервов в части материалов РЗМ.

2.5. Произвести сравнительную оценку экономической эффективности отработки всех учтенных и неучтенных государственным балансом запасов месторождений Российской Федерации с выбором первоочередных объектов промышленного освоения для получения РЗМ-продукции.

2.6. Разработать меры экономического стимулирования переработки техногенных месторождений полезных ископаемых.

2.7. Определить перечень мер адресной поддержки хозяйственной деятельности российских организаций, работающих в сфере добычи минерального сырья, получения и переработки РЗМ.

2.8. Разработать комплекс мер экономического стимулирования рециклинга РЗМ.

2.9. Рассмотреть возможность расширения международного сотрудничества в области развития технологий разделения редкоземельных металлов, получения на их основе материалов с уникальными свойствами, а также получения или приобретения соответствующих лицензий на данные технологии.

2.10. Разработать программу кадрового обеспечения освоения сырьевых и техногенных источников, создания производственных мощностей редкоземельной промышленности в составе соответствующих Федеральной целевой программы и Технологической платформы.

2.11. Ускорить разработку, согласование и внесение в Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации проекта федерального закона «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах», предусматривающего включение в состав критериев для выявления победителя при проведении конкурса на право пользования участками недр степени переработки полезных ископаемых на территории Российской Федерации, а также срока реализации инвестиционного проекта по переработке добытого полезного ископаемого.

Заместитель Председателя
Государственной Думы Федерального Собрания
Российской Федерации В.А. Язев

Росатом завершает сделку по покупке Соликамского магниевого завода

30.09.2011 16:47
Интерфакс

Госкорпорация «Росатом» завершает сделку по покупке ОАО «Соликамский магниевый завод» (СМЗ) и рассматривает приобретение редкоземельных активов за рубежом, сообщил «Интерфаксу» источник в атомной отрасли.

По его словам, покупка иностранных редкоземельных активов в настоящий момент целесообразна из-за падения цен на них, и Росатом получил одобрение правительства на приобретение зарубежных предприятий.

В мае 2011 года глава уранового холдинга «Атомредметзолото» (АРМЗ), входящего в Росатом, Яков Полункин заявлял, что компания планирует приобретать активы по добыче редкоземельных металлов (РЗМ) в РФ – в частности, СМЗ. Я. Полункин также отмечал, что урановый холдинг интересует «вся цепочка: обогащение, переработка и производство редкоземельных металлов». Однако позже сообщалось, что АРМЗ, по неофициальной информации, отказался от покупки СМЗ.

Вопрос о восстановлении редкоземельной отрасли РФ встал после того, как Китай, который обеспечивает порядка 95% мировых потребностей в РЗМ, снизил экспортные квоты на эти металлы (и, по ожиданиям аналитиков, будет продолжать их снижать), что привело к резкому скачку цен. В настоящий момент Росатом разрабатывает ФЦП и технологическую платформу по развитию производства РЗМ в России, в Госдуме готовится законопроект «О содействии развитию производства стратегических материалов в РФ», в сентябре прошла первая за 20 лет конференция по РЗМ.

Соликамский магниевый завод поставляет на экспорт почти 100% производимой редкоземельной продукции и соединений тантала и около 60% объема производства ниобия, магния и сплавов.

Оценка предложений по созданию российского интегрированного редкоземельного холдинга

Богданов С.В., д. т. н., профессор, Гришаев С.И., к.э.н.
Государственный университет управления, г. Москва

В составе создаваемого холдинга должно быть достаточное количество российских и иностранных предприятий, научных и учебных организаций, деятельность которых должна обеспечить паритетное сотрудничество отечественной промышленности на внешнем рынке с мировыми лидерами (КНР, Японией, США, странами Евросоюза и др.). В создаваемый холдинг должны быть включены основные отечественные предприятия: ООО «Ловозерский ГОК», ОАО «Соликамский магниевый завод», ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Кольская ГМК», ОАО «Апатит», ЗАО «Северо-западная фосфорная компания», а также профильные предприятия, организации и научно-исследовательские институты, входящие в Госкорпорации «Росатом», «Ростехнологии», «Роснано», Кольский научный центр РАН, ведущие горные, металлургические, инженерно-физические, химико-технологические и экономические российские ВУЗы. Таким образом, структура холдинга приобретает ярко выраженный кластерный характер. Руководствуясь известными подходами к формулированию общих стратегических концепций формирования промышленных комплексов, можно сделать вывод о целесообразности создания транснационального холдинга с вертикально-интегрированной ресурсно-технологической связью и горизонтально-интегрированной производственно-сбытовой структурой внутренних и внешних контрагентов по совместному бизнесу. В качестве показателя надёжности в действиях партнёров холдинга можно использовать показатель вероятности безотказной работы системы в заданном временном интервале. Этот промежуток времени может определяться фиксированным календарным периодом или сроком действия договора между партнёрами, продолжительностью производственных процессов в организациях-участниках логистического бизнес-процесса.

Проведённый анализ оценки надёжности указывает на то, что при выполнении партнёрами обязательств перед контрагентами следует строго соблюдать не только своевременное выполнение производственной программы, но и чётко выполнять график платежей по всем операциям, осуществляемым в данной системе. Это позволит обеспечить соответствие критериев надёжности и готовности к работе объектов в холдинге.

Учитывая прогноз экспертов Industrial Mineral Company of Australia, что в 2014 г. мировой спрос на редкоземельные оксиды составит 200 тыс. т и дальнейшую рыночную перспективу развития мирового рынка РЗМ, стратегическую деятельность создаваемого отечественного холдинга следует ориентировать на то, что российская редкоземельная промышленность к 2020 г. должна будет производить 35—40 тыс. т соответствующей продукции в пересчете на оксиды. Это позволит выполнить поставленную аналитиками Госкорпорации «Росатом» задачу занять долю мирового рынка РЗМ не менее 10—15%. Анализ бизнес-деятельности проектируемого холдинга с известным месторасположением предприятий, обеспеченностью материальными и трудовыми ресурсами, величиной экспортно-импортных пошлин на сырье и товарную продукцию, ставками НДС, банковского кредита, размерами тарифов естественных монополий, валютным курсом и др. указывает на принципиальную возможность устойчивой работы такого холдинга.

Вместе с тем, следует учитывать то обстоятельство, что появление российской РЗМ продукции на мировом рынке должно привести к его трансформации при этом формируется новый рынок с более жесткой фиксацией потребительского качества товарной продукции. Простая замена одного вида товара на другой становится практически невозможной и помимо экономических факторов на новом рынке четко регламентируются, такие показатели, как номенклатура, назначение, эксплуатационные свойства, сервисное обслуживание изделия, экологические показатели производства и проч., что приобретает особое значение для рынка РЗМ. Рынок может быть трансформирован и четко ориентирован на реализацию товарной продукции конкретного потребительского качества, в соответствии с требованиями покупателей к продукции РЗМ. В связи с этим, следует учитывать и перспективу развития торговой политики создаваемого холдинга. Внешнеторговая политика холдинга может быть ориентирована на экспансионистский вариант освоения конкретных региональных рынков в режиме межнациональной (мягкой) и транснациональной (жесткой) в зависимости от наличия партнеров — союзников или конкурентов в существующем мировом бизнес-пространстве. Выход отечественного бизнеса редкоземельной продукции на региональные мировые рынки посредством создания транснациональных корпораций может дестабилизировать конъюнктуру региональных рынков РЗМ, поскольку такой вариант бизнеса в перспективе будет способствовать изменению показателей,

характеризующих концентрацию продавцов на рынке и уровень монопольной власти отдельно взятого производителя товара. Устойчивое транснациональное позиционирование российского производителя широкой номенклатуры продукции РЗМ на рынке целесообразно обеспечивать через постепенное утверждение стабильности бизнес-деятельности на рынке, после того как доля реализованной продукции будет четко обозначена и подтверждена конкурентными преимуществами российского товара. В этом случае транснациональный вариант экспансии отечественным товаропроизводителем мирового рынка РЗМ может быть более эффективным, чем межнациональный. Вместе с тем, следует учитывать то обстоятельство, что система управления транснациональной корпорацией имеет жестко централизованный характер, поскольку, несмотря на обширную сеть зарубежных представительств, филиалов, дочерних компаний и даже собственных банков транснациональная корпорация имеет строго определенную страну базирования или страну официальной юридической регистрации головного офиса, а ее организационная структура должна сочетать различные свойства, характерные для многонациональных, глобальных и международных компаний. Рыночная продукция должна быть конкурентоспособной в мировом масштабе и, в тоже время, она должна оперативно адаптироваться к требованиям и условиям местного рынка. Выполнение указанных требований связано, как правило, с дополнительными финансовыми затратами и другими обременениями, что может существенно отразиться на цене товара. Таким образом, исключительная необходимость своевременного освоения полного технологического цикла производства продукции РЗМ с высокой добавленной стоимостью и значительные общие финансовые затраты на реализацию проекта создания российского холдинга по выпуску редкоземельных и редких металлов позволяют сделать вывод о том, что этот проект является общественно значимым и ограниченным во времени. Для такого проекта целесообразно использовать широко известные формы партнерств: совместные предприятия, контракты (общие контракты на управление, на строительство и т.д.) и концессии. За государством остаются важные функции стратегического управления промышленной политикой и контроля в сфере обеспечения потребительского качества продукции, экологической безопасности, экспортного квотирования и таможенного регулирования. Оперативное управление может быть передано акционерным и частным предпринимательским структурам, что позволит осуществить

финансирование работ по созданию холдинга на основе конструктивного государственно-частного партнерства.

Важным вопросом в реализации концепции государственно-частного партнерства при реализации проекта создания отечественного холдинга по производству РЗМ является отказ государства компенсировать убытки предприятия во время его производственно-хозяйственной деятельности и отказ государства от права собственности на предприятие. Поскольку создаваемый холдинг фактически будет являться производственно-технологической монополией, то его деятельность не должна самоокупаться в оптимальном плане развития народного хозяйства. Убытки должны покрываться сверхприбылью реальных потребителей товарной продукции на внутреннем рынке и прибылью от внешнеторговых операций на мировых региональных рынках.

Государственно-частное регулирование этого масштабного процесса является гарантией реализации экономичности системного функционирования российского промышленного комплекса по производству конкурентной продукции РЗМ мирового уровня.

Примечание: статья приведена с сокращением математических Формул.

СОДЕРЖАНИЕ

Лавренчук Владимир Николаевич
Дёмин Виктор Борисович

РОССИИ НУЖНЫ ЛАНТАНОИДЫ

Отпечатано ГУП СО «Каменск-Уральская типография»,
623400, Свердловская обл., г. Каменск-Уральский, ул. Ленина, 3.
Подписано в печать 13.09.12. Формат 60х90/16.
Бумага ВХИ. Усл. печ. л. 11. Печать офсетная.
Заказ 1011. Тираж 150.